

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
„КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування**

До захисту допущено

Завідувач кафедри

_____ **О.В.Гондлях**

« _____ » _____ 201 р.

**Дипломний проект
на здобуття ступеня бакалавра**

з напрямку підготовки 133 – Галузеве машинобудування

на тему: Деформаційні властивості полімерних гранул

Студент групи *IV к. ЛП-61-1*
(шифр групи)

Горобчук Яна Михайлівна _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник проекту:

Доктор технічних наук, професор, Гондлях Олександр Володимирович _____
(вчена ступінь, звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Консультанти

ТЕХ. МАШ. _____ **С.О. Борщик**
ПЕРЕВІРКА НА СХОЖІСТЬ _____ **В.Ю. Щербина**
РЕЦЕНЗЕНТ _____

Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних
посилань.
Студент (-ка)

Київ 2020 рік

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра хімічного, полімерного і силікатного машинобудування

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки – *133 – Галузеве машинобудування*

Програма професійного спрямування - *для студентів групи ЛП-61-1 - Інжиніринг, обладнання та технології виробництва полімерних та будівельних матеріалів і виробів.*

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

О.В.Гондлях

«___» _____ 2018
р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Горобчук Яна Михайлівна

1. Тема проекту *«Деформаційні властивості полімерних гранул»*, керівник проекту *Гондлях Олександр Володимирович, доктор технічних наук, професор*, затверджені наказом по університету від 25.05.2020 р. № 1145-с

2. Термін подання студентом проекту 11.06.2020р.

3. Вихідні дані до проекту

.....

4. Зміст пояснювальної записки

5. Графічний матеріал

.....
.....

6. Консультанти розділів проекту*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання я видав	завдання я прийняв
Тех.машино будув.	Борщик О.С.		
Перевірка на схожість	Щербина В.Ю.		

Дата видачі завдання

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1.	Вступ. Технічна характеристика.	06.02.2020-12.02.2020	
2.	Призначення і галузь застосування.	13.02.2020-20.02.2020	
3.	Опис конструкції та принцип дії.	21.02.2020-26.02.2020	
4.	Літературно-патентний огляд.	27.02.2020-16.02.2020	
5.	Розрахунки.	22.03.2020-06.06.2020	
6.	Охорона праці.	25.05.2020-07.06.2020	
7.	Технологія машинобудування.	21.05.2020-07.06.2020	
8.	Висновки.	07.06.2020-10.06.2020	
9.	Графічна частина.	23.04.2020-03.06.2020	

Студент

Горобчук Я.М.

Керівник проекту

Гондляр О.В.

Пояснювальна записка
до дипломного проекту
на тему: «Деформаційні властивості полімерних гранул»

Київ – 2020 рік

ЗМІСТ

Реферат (українська мова).....	1
Реферат (іноземна мова).....	1
Реферат (російська мова).....	1
Перелік умовних позначень	1
Пояснювальна записка.....	29
Розділ «Розрахунки».....	18
Розділ «Технологія машинобудування».....	13
Перелік використаних джерел інформації	2
Додаток А. Таблиця патентів	1
Додаток Б. Лістинг програм розрахунку	2
Додаток В. Специфікації	4
Додаток Г. Тези.....	8

						Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Реферат

Об'єктом дослідження є деформаційні властивості полімерних гранул.

Метою проекту є розробка і вивчення, згідно технічного завдання, деформаційних властивостей полімерних гранул на основі гранулятора ЧП45х25 на основі існуючих досліджень і визначення можливостей.

Пояснювальна записка до дипломного проекту складається з вступу, 3 розділів, висновків, літератури з 18 джерел і 4 додатків, 33 рисунків, 2 таблиць. Загальний обсяг замітки становить ? сторінки. Графічна частина містить ? рисунків у форматі А1.

Проект містить опис технологічного процесу, в якому знаходиться гранулятор на основі черв'ячного преса 45х25, розглядається його призначення і місце в технологічній схемі.

В роботі представлені технічні характеристики, розглянуті конструкція і принцип дії агрегату для гранулювання ПЕ, виконані параметричні, кінематичні і розрахунки на міцність черв'яка, які підтверджують ефективність і надійність роботи машини.

У проекті було проведено літературно-патентний пошук досліджень в напрямку деформаційних властивостей полімерних гранул.

Також в дипломному проекті бакалавра розглядається відповідність розробленого верстата вимогам охорони праці та робочі процедури до виготовлення втулки.

Ключові слова: ГРАНУЛЯТОР, МІЦНІСТЬ, ПЛАВЛЕННЯ, ЗМІШУВАННЯ, ГРАНУЛИ, ХАРАКТЕРИСТИКИ.

						Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Abstract

The object of study is the deformation properties of polymer granules.

The aim of the project is to develop and study, according to the terms of reference, the deformation properties of polymer granules based on the granulator ChP45x25 on the basis of existing research and determination of capabilities.

The explanatory note to the diploma project consists of an introduction, 3 chapters, conclusions, literature from 18 sources and 4 appendices, 33 figures, 2 tables. The total amount of the note is? pages. The graphic part contains? drawings in A1 format.

The project contains a description of the technological process in which the granulator is based on a worm press 45x25, its purpose and place in the technological scheme are considered.

The paper presents the technical characteristics, considered the design and principle of operation of the unit for granulation of PE, performed parametric, kinematic and calculations for the strength of the worm, which confirm the efficiency and reliability of the machine.

In the project the literature-patent search of researches in the direction of deformation properties of polymeric granules was carried out.

Also in the diploma project of the bachelor the conformity of the developed machine to requirements of labor protection and working procedures to production of the plug is considered.

Key words: GRANULATOR, STRENGTH, MELTING, MIXING, GRANULES, CHARACTERISTICS.

						Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Реферат

Объектом исследования является деформационные свойства полимерных гранул.

Целью проекта является разработка и изучение, согласно технического задания, деформационных свойств полимерных гранул на основе гранулятора ЧП45х25 на основе существующих исследований и определения возможностей.

Пояснительная записка к дипломному проекту состоит из введения, 3 глав, заключения, литературы из 18 источников и 4 приложений, 33 рисунков, 2 таблиц. Общий объем заметки составляет? страницы. Графическая часть содержит? рисунков в формате А1.

Проект содержит описание технологического процесса, в котором находится гранулятор на основе червячного пресса 45х25, рассматривается его назначение и место в технологической схеме.

В работе представлены технические характеристики, рассмотрены конструкция и принцип действия агрегата для гранулирования ПЭ, выполнены параметрические, кинематические и прочностные червя, подтверждающие эффективность и надежность работы машины.

В проекте было проведено литературно-патентный поиск исследований в направлении деформационных свойств полимерных гранул.

Также в дипломном проекте бакалавра рассматривается соответствие разработанного станка требованиям охраны труда и рабочие процедуры к изготовлению втулки.

Ключевые слова: ГРАНУЛЯТОР, ПРОЧНОСТЬ, ПЛАВЛЕНИЯ, СМЕШИВАНИЯ, ГРАНУЛЫ, ХАРАКТЕРИСТИКИ.

						Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ

Умовні скорочення:

ЧП – черв'ячний прес

Умовні позначення:

D, d – діаметри, м;

L, l – довжини, м;

H, h – висоти, м;

P – потужність нагрівників, кВт;

N – потужність, кВт;

T – температура матеріалу, $^{\circ}C$;

– коефіцієнт тепловіддачі, ;

F – площа, ;

δ – радіальний зазор між корпусом і черв'яком, м;

ΔP – перепад тиску, Па;

						Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пояснювальна записка

до дипломного проекту

на тему: деформаційні властивості полімерних гранул

Київ – 2020 року

						Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

Вступ

1. Призначення та застосування гранулятора на базі ЧП 45х25
2. Технічна характеристика черв'ячного преса 45х25
3. Опис конструкції гранулятора на базі ЧП45х25
4. Літературний та патентний огляд
5. Охорона праці

5.1. Аналіз шкідливо-небезпечних виробничих факторів експлуатації установки і заходи по їх усуненню

5.1.1. Електробезпека

5.1.2. Повітря робочої зони

5.1.3. Виробничий шум

5.1.4. Пожежна безпека

5.2. Техніка безпеки праці на лінії

6. Очікувані механіко-економічні показники

Висновки

Література

						Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Метою виконання дипломної роботи є дослідження деформаційних властивостей полімерних гранул.

Гранулятор – машина для грануляції вторинного розмеленого матеріалу до дрібних шматків. Гранулювання потрібно для використання матеріалу дрібними порціями, полегшення вантаження, збільшення сипучості, запобігання слипанню. В залежності від способу грануляції один і той же матеріал може отримати різну твердість.

Складається з:

- робочого органу;
- редуктору;
- гранулюючої головки;
- бункера;
- корпусу;
- регулюючі пристрої;
- контрольно-вимірювальні пристрої.

Поліетилен – це хімічно стійкий, малотоксичний, карбоцепний полімер, який при підвищених температурах має високу міцність, а також має діелектричні властивості. Відноситься до ряду етилену та є одним з найпоширеніших пластиків у світі. Не старіє під дією ультрафіолетового випромінювання.

						Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Призначення та застосування гранулятора на базі ЧП 45x25

Використовується в різних галузях, таких як:

- Хімічна;
- Продовольча;
- Для переробки деревних відходів;
- Корм для худоби.

Черв'ячні преси та машини для лиття під тиском завантажуються переважно гранульованим матеріалом. Композитна маса, що заздалегідь оброблена, має підвищену однорідність чим забезпечую ефективну переробку в кінцевий продукт. Метод холодного гранулювання складається в нарізці матеріалу знаходиться в твердому стані.

Геометрична форма гранули буває циліндричною, сферичною, лускатої форми ті кубічної. Залежить від профілю головки та методу грануляції.

Існує всього два методу гранулювання:

- холодний;
- гарячий.

Метод холодного гранулювання складається в нарізці матеріалу, що знаходиться в твердому стані.

Метод холодного гранулювання кращий для низьков'язких матеріалів, таких як полістирол, поліаміди. А оскільки мета даної дипломної роботи полягає в грануляції поліетилену, то більш доцільно вибрати цей спосіб грануляції.

						Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Технічна характеристика черв'ячного преса 45x25

Технічна характеристика несе в собі особливу інформацію про апарат. Саме за цими показниками проводиться порівняння зразка з подібними йому та для наступного вибору і обґрунтування обраного варіанту. Основні показники преса наведено в таблиці 2.1.

Технічна характеристика преса

Таблиця 2.1

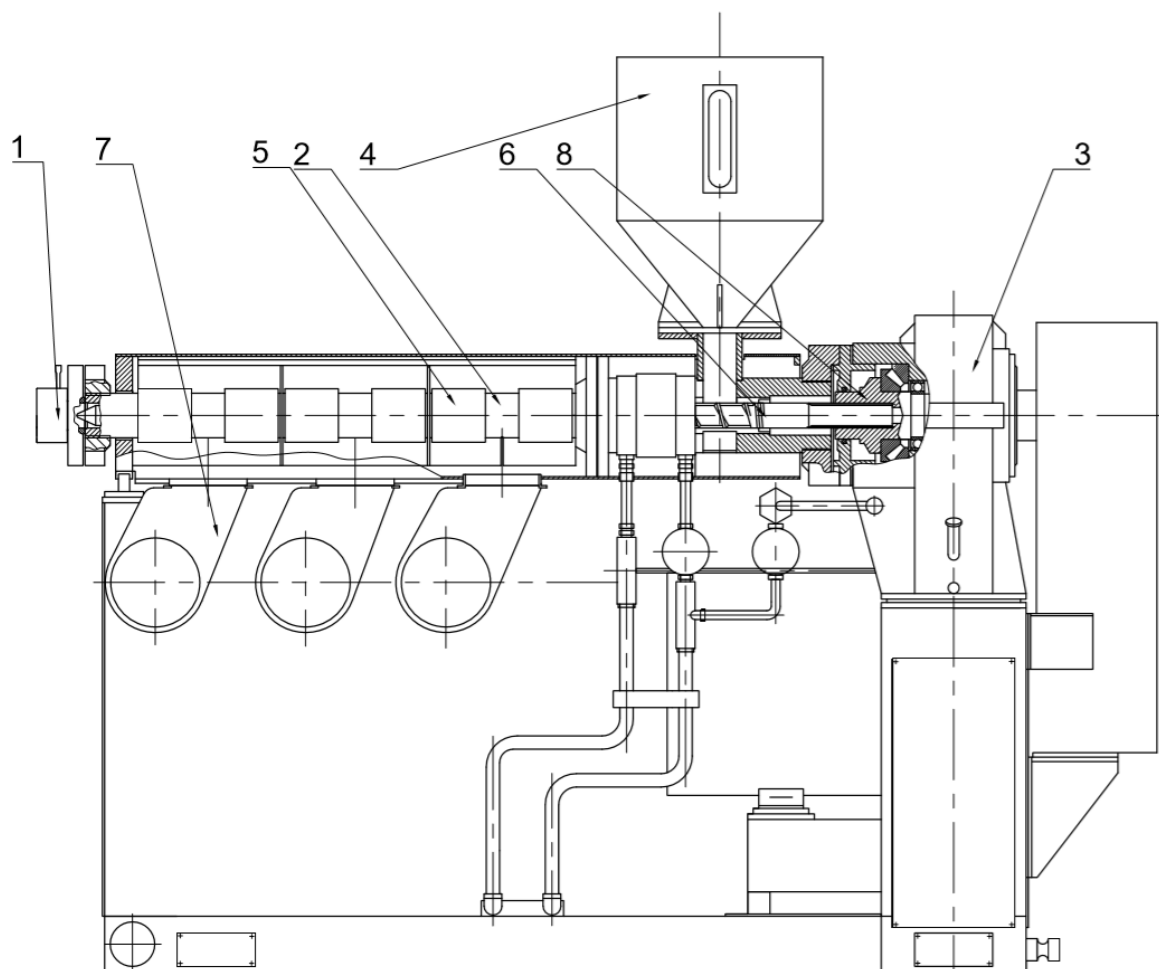
Діаметр черв'яка, D	45мм
Відношення довжини черв'яка до діаметра, L/d	25
Продуктивність машини,	16.6
Потужність двигуна, N	11,69 кВт
Об'ємна маса матеріалу,	910

3. Опис конструкції гранулятора на базі ЧП45x25

Основними компонентами гранулятора є: привід преса, бункер, корпус, шнек, система охолодження і система опалення.

Основним робочим органом преса є корпус, в якому обертається черв'як який в діаметрі може становити від 10 до 600 мм і більше, а також відрізнятися по геометрії, кроку і плавного збільшення стиснення.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14



1 – головка, 2 – корпус, 3 – редуктор, 4 – завантажувальний бункер, 5 – нагрівачі, 6 – черв'як, 7 – підшипник, 8 - вентилятор.

Рис. 3.1. Схема гранулятора на базі ЧП 45х25

Під час обертання полімер транспортується по спіральному каналу, створеного внутрішньою частиною корпусу і черв'яком. Транспорт полімеру супроводжується різними деформаціями частинок і збільшенням тиску. Зокрема, такі процеси, як: нагрів матеріалу шляхом розсіювання і від системи нагріву, яка подається в корпус гранулятора, хімічні перетворення за рахунок підвищення температури і тиску, ущільнення і монолітизація сипучих матеріалів, перемішування.

Матеріал отримуємо в зоні навантаження. Для збільшення ефективності канал шнека виконують великим.

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	15

У зоні пластифікації полімер розплавляється, ущільнюється і дегазується. Обсяг каналу черв'яка поступово зменшується, щоб зробити процес пластифікації більш ефективним.

У зоні дозування розплав полімеру змішується, і тиск, при якому матеріал проштовхується через формуючу головку, збільшується.

У гранулятора встановлена система охолодження на основі вентилятора для охолодження бункера, черв'яка і масла.

4. Літературний та патентний огляд

Для вирішення питання деформаційних властивостей полімерних гранул було зроблено огляд патентів та технічно-літературний огляд. Аналіз свідчить про те ще роботи виконуються в наступних напрямках:

- моделювання механізму руйнування крихких частинок при динамічному нагнітанні стисканням;
- аналіз зміни характеристик матеріалу при розриві;
- аналіз розподілу напружень в двох та більше частинок;
- досліджується розрив сферичних частинок при контакті кулько-площини;
- досліджується вимірювання контактної площі полімерних частинок, покритих металом, розміщених в мікроні під стисненням.

Так, наприклад, у статі [1] досліджується механізм руйнування крихких частинок при динамічному нагнітанні стисканням. Синхронізувались високошвидкісні рентгенівські фазові контрастні зображення, встановлені в апарату Кольського. Контрольоване стискаюче навантаження застосовувалося на двох контактуючих частинках за допомогою апарату Кольського, і процес руйнування фіксувався за

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

допомогою високошвидкісної рентгенівської установки. Було досліджено п'ять різних частинок: газоване скло, полікристалічний діоксид кремнію (діоксид кремнію), полікристалічний кремній, скло титанату барію та цирконій, стабілізований ітрієм. Як для газованого скляного вапна (Рис. 4.1), так і для частинок полікристалічного кремнезему одна з частинок вибухає, тим самим розбиваючись на багато дрібних шматочків. Для частинок скла кремнію та титанату барію в одній із частинок спостерігається кінцева кількість тріщин, що спричиняє його руйнування. Для частинок цирконію, стабілізованих ітрієм, в одній із частинок розвинулася поодинокі меридоніальна тріщина, яка розбила їх на дві частини.

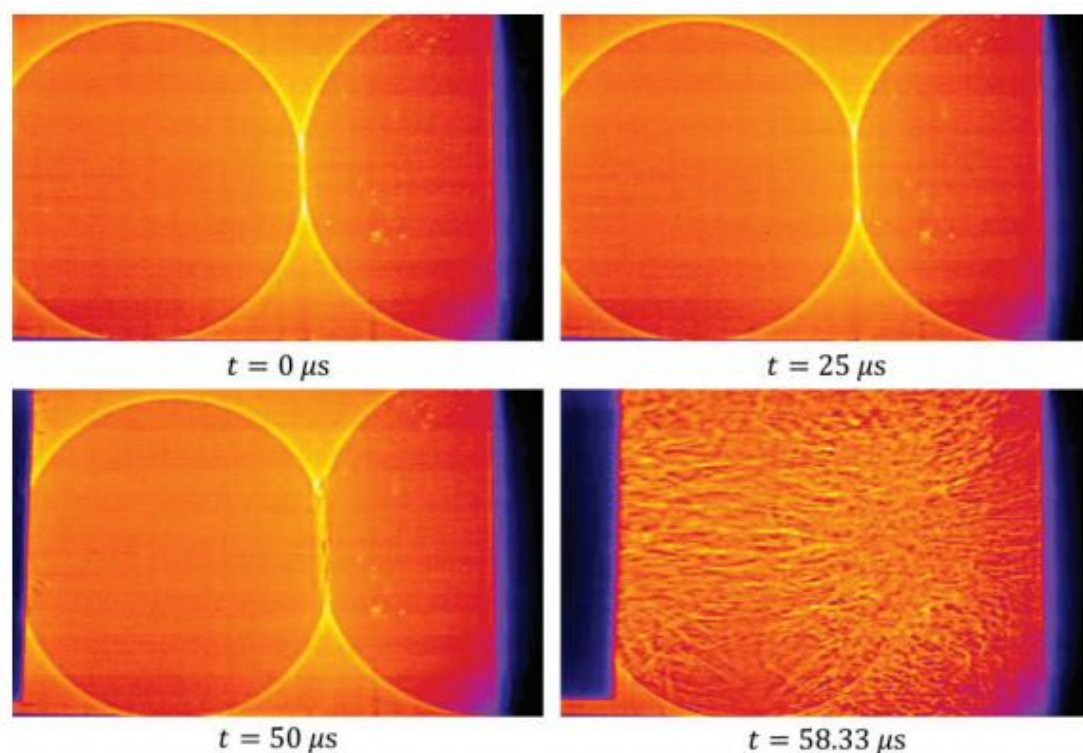


Рис. 4.1 - Рентгенівські зображення руйнування частинок скла содового вапна при динамічному стисненні.

У статі [2] досліджується зміна характеристик матеріалу при розриві часток. Макроскопічна реакція геоматеріалу повністю визначається змінами в масштабі частинок. Встановлено, що дроблення частинок впливає на розмір частинок, форму, мінеральний склад та початкову щільність і ініціація розриву часто була пов'язана з початком деформації. В роботі використовують два алгоритми аналізу зображень, які дозволяють нам відстежувати поломку та виявляти контакти до поломки. Посидання двох

					Арк.
					17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

алгоритмів разом із високою роздільною здатністю 3D-зображень дозволяє нам у перший раз відстежити поломку окремих частинок, визначити різні режими обриву кожної частинки та одночасно вивчити вплив морфології частинок та координаційне число на обриві. Ідентифіковано три типи злому(рис. 4.2): відколювання, розщеплення та фрагментація. Виявили, що неоднорідність і сферичність частинок в основному сприяє фрагментації, тоді як число координації також впливає на відколювання. Стан напруження, що перебуває в межах частинок з високим координаційним числом, зробило їх більш стійкими до фрагментації, тоді як частинки з низьким координаційним числом в основному зазнають фрагментації. Зсув частинок у точках їх контакту призводить до локальних концентрацій напруги, що призводить до поверхневого відколювання.

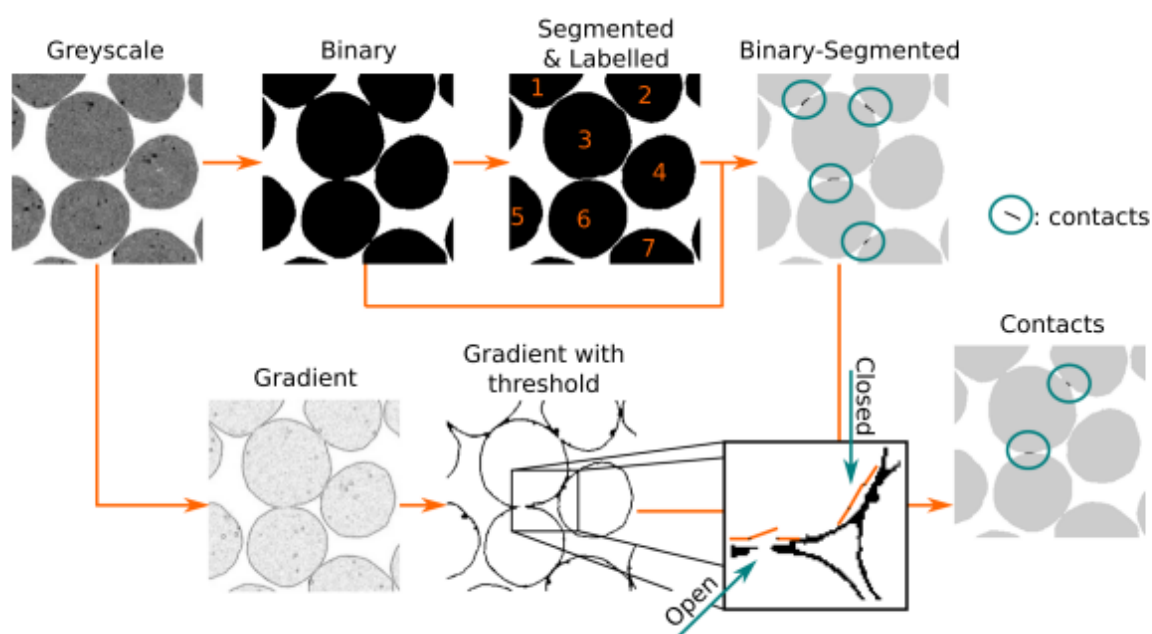


Рис. 4.2 - Вертикальні зрізи на різних етапах навантаження та вказівка ступенів навантаження вздовж напруженості та відповіді відношення порожнеч тесту OCS1

У статі [3] досліджуються чисельні моделювання, що показують розподіл напруги та деформації в моделях, що містять дві та чотири частинки. Механізми, що регулюють ущільнення порошкоподібних матеріалів при ущільненні, сильно залежать від деформації та стану напруги при контакті між частинками. Тому мікромеханічна модель може бути дуже

корисною при вивченні явищ, що беруть участь у процесі ущільнення. Проаналізовано еволюцію деформації в зоні контакту серед частинок, залишкових напружень після вивільнення стискаючого навантаження та їх наслідки на макроскопічну механічну поведінку порошкових компактних матеріалів.

У статі [4] досліджується мікромеханізм розриву сферичних гіпсових частинок при контакті кулько-площини. Поломка грубозернистих частинок ґрунту може мати великий вплив на їх механічні характеристики. Важливо повністю зрозуміти явище розриву частинок і зрозуміти його вплив на інженерні властивості. Метою цього дослідження було дослідити процес та механізм розриву сферичної частинки в умовах контакту з кулькою-площиною. Проведені випробування контакту з частинками та відповідні імітації на основі методу дискретних елементів. Експериментально отримані механічні властивості та морфологія руйнування гіпсових кульок, а також значна особливість існування конусного ядра під точкою контакту(рис. 4.3). Щоб увімкнути дроблення частинок при чисельному моделюванні, непорушні елементарні частинки з'єднані між собою, щоб представити зразок. Чисельна модель, яка була підтверджена тестом на стиск та розщеплення, добре підходила до експерименту шляхом застосування плоско-спільного контакту. Також важливо те, що комбінація моделювання та експерименту продемонструвала роль, яку виконує ядро конуса під час розриву частинок, і розкрило механізм утворення серцевини конуса та його вплив на розрив частинок.



а

б

в

Рис. 4.3 - Морфологія після поломки: (а) контактна точка; (б) площа конуса; та (в) серцевина конуса.

У статі [4] досліджується вимірювання контактної площі полімерних частинок, покритих металом, розміщених в мікроні під стисненням. Контактна проблема сфери, що стискається жорсткою пластиною, має відношення до розуміння утворення електричного контакту в анізотропному електропровідному клеї (АЕК). Однак жодна робота експериментально не перевірила існуючі моделі контактів для контакту з металевою кулею. Випробування на стиск на полімерних сферах з металевим покриттям проводили методом наноіндикації плоским пуансоном за допомогою моніторного сканування на місці електронної мікроскопії, а отриману контактну площу вимірювали за допомогою зображень(рис. 4.4). Отримані результати порівнювали з моделями Татара та Ебботт-Фаєрстоун разом з аналізом кінцевих елементів. Вимірюна площа контакту падає між моделями Татара та Ебботт-Фаєрстоун, що вказує на суміш еластичної та пластичної деформації.

У контактній зоні як функція сили переважає полімерна серцевина і не залежить від металевого покриття для випробуваних тонких металевих покриттів. Робота надає рекомендації щодо параметрів скріплення для складання АЕК.

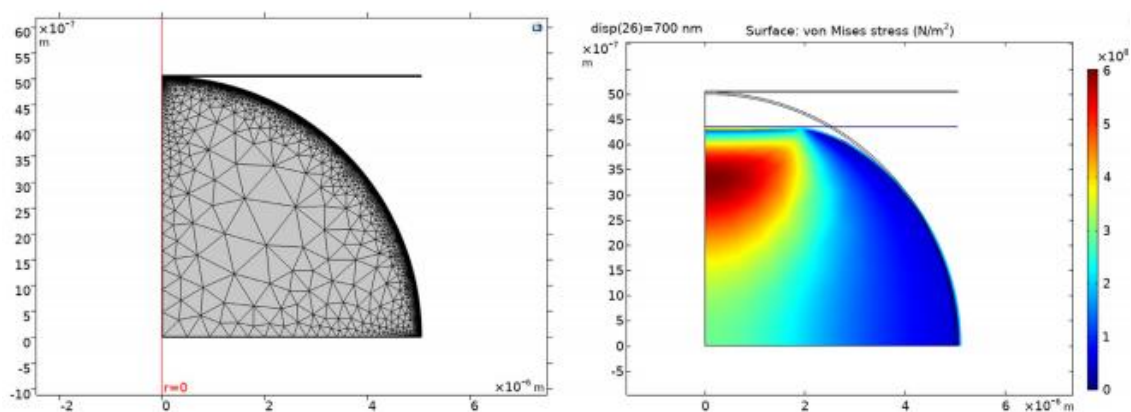


Рис. 4.4 - (а) Схематична модель четвертої частини сфери та (б) результуюча напруга в ПЕМ, що використовується для перевірки результатів експериментів.

5. Охорона праці

1) Дотримання законодавчих норм про охорону праці призводить до зменшення травматизму на робочому місці. Для цього проводять науковий аналіз умов праці.

2) Технічним завданням дипломованого проектування передбачено досліджування деформацій полімерних гранул на базі гранулятора ЧП 45х25.

3) Визначаємо шкідливі небезпечні фактори виробництва, які виникають на грануляторі для виготовлення гранул. Встановлення параметрів процесу та управління здійснюється оператором. Панель управління оператора розташована у виробничому цеху на відстані 3 м від гранулятора, площа цеху $S = 300\text{м}^2$, $V = 900\text{м}^3$. На робочому місці оператора шкідливі та небезпечні фактори виробництва - електричний удар, аварійний, промисловий шум, повітря з робочої зони.

4) Створення здорових безпечних умов праці на підприємстві потребує якнайшвидшого виявлення ШНВФ з метою окреслення заходів на етапі експлуатації, які слід проводити для забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу.

5.1. Аналіз шкідливо-небезпечних виробничих факторів експлуатації установки і заходи по їх усуненню

5.1.1. Електробезпека

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Забезпечення електричної безпеки під час проектування пристроїв цієї лінії є дуже важливим фактором, знижує смертність та травматизм серед обслуговуючого персоналу у виробничих умовах.

Відповідно до класифікації приміщень за ступенем небезпеки ураження електричним струмом, майстерня, де встановлена ця лінія, належить до класу приміщень із підвищеною небезпекою (ПУЕ).

Оскільки для роботи лінії використовується напруга 220/380 В з частотою 50 Гц, ми використовуємо трифазну трипроводову мережу з ізолюваною нейтраллю для подачі електроенергії. Мережа з ізолюваним нейтральним в ізолюваному режимі набагато безпечніше при дотику до фазного проводу.

Засоби забезпечення електробезпеки:

а) в робочому режимі

- забезпечено недоступність живих деталей (ізоляція, розташування на недосяжній висоті, понад 2,5 м., огороження). Контроль утеплення здійснюється за нормами та вчасно, встановлені правилами.

- Робоча ізоляція - електрична ізоляція струмоприймача їх деталей, що забезпечує нормальну роботу електричної упаковки та захист від ураження електричним струмом.

- Додаткова ізоляція - ізоляція, яка призначається крім робочої ізоляції для захисту від ураження електричним струмом у разі пошкодження робочої ізоляції. Подвійна ізоляція - ізоляція, яка складається з робочих аксесуарів.

- Блокування безпеки - це пристрій для запобігання поразці людей, які перебувають у стресі, внаслідок помилкових дій. Блокування здійснюється за допомогою само замикаючих замків, ступорів, затворних клапанів та інших. Застосування електромагнітних замкачів, рознесених і заземлюючих ножів широко застосовується на лікарських засобах та

						Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

внутрішніх розподільних пристроях з різними схемами підключення. Електричне блокування використовується в технологічних електроустановках напругою до 1000В;

- орієнтація в електроустановках. Маркування частин обладнання повинно здійснюватися таким чином, щоб, коли провідники були видні із затискача, воно залишалося маркованим провідником. Попереджувальні сигнали, написи та таблички використовуються для вказівки включеного стану обладнання, стану напруги, режиму роботи, дії захисних пристроїв. Знаки використовуються для попередження про можливу небезпеку ураження електричним струмом у всіх галузях економіки. Блимаючий індикатор вказує на стан (увімкнена або вимкнено)

б) в аварійному режимі:

- захисне заземлення. Це ефективний захід електричного захисту. Йому належать корпуси електричних машин, трансформаторів, апаратів та ламп, заземлених на металевих конструкціях. Вертикальний заземлюючий електрод з вертикальними електродами завдовжки 1,5 м, які з'єднані сплайнсингом і мають загальний опір $R_{sag} = 3,7 \text{ Ом}$, що відповідає ГОСТ 12.1.030 - 85.

5.1.2. Повітря робочої зони

Умови праці на грануляторі, що розробляється, і лінії в цілому класифікуються як помірні (споживання енергії 150 ... 200 ккал / год).

Температура повітря в робочій зоні становить 20-23 ° С в теплу пору року і 18-22 ° С в холодну пору року, відносна вологість повітря 40-70%, швидкість повітря 0,3 м / с, ці параметри та вміст шкідливих домішок відповідають вимогам SDS 3.3.5.042-99 "санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень".

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Склад повітря робочої зони залежить від параметрів метеорологічних умов: температури, відносної вологості, а також від кількості шкідливих речовин, що виділяються машиною.

Під головкою черв'ячного гранулятора встановлено місцеве обладнання для витяжної вентиляції. Місцева вентиляція в основному використовується для відведення безпосередньо від місця виникнення або викиду повітря або газів високого тиску. Шкідливе видалення супроводжується подальшим очищенням повітря.

Місцева система вентиляції складається з приймача шкідливих викидів, каналів, вентиляторів (або ежекторів), очисного обладнання та відходів.

Приймачі, які повністю охоплюють джерело небезпечних викидів, використовуються в основному тоді, коли токсичні речовини вивільняються з апаратів або іншого технологічного обладнання з метою вивільнення їх в атмосферу без перешкод або захоплення їх для подальшого використання в технологічному процесі. Такі типи закритих ресиверів включають капсулу, укриття, витяжні труби, відсмоктувачі, витяжні витяжки.

Витяжки встановлюються над джерелами шкідливих викидів.

Втрати повітря компенсуються вентилятором типу MU 4 зі швидкістю $n = 950 \text{ об / хв.}$ та ефективність = 0,3 ГОСТ 12.1.005-88.

5.1.3. Виробничий шум

Шум, що створюється гранулятором та іншим лінійним обладнанням, є постійним. Основними джерелами шуму під час роботи є вали та черв'яки, обертові двигуни, вентилятори та інше обладнання. Характер шуму в цьому випадку механічний і гідродинамічний. Відповідно до стандартів шуму в приміщенні, рівень шуму в джерелі 100 дБА.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Зниження шуму досягається за рахунок зменшення шуму. Для цього використовують перфоровану обшивку та плити. Щоб досягти максимального ефекту від використання шумопоглинаючого покриття, ми покриваємо ним щонайменше 60% внутрішньої площі. Вихлопні труби насосів з'єднані з герметичним каналом, який забезпечує ізоляцію вихлопних шумів.

Звукоізоляційна здатність дверного отвору приміщення повинна бути не менше 30 дБА.

Стіни та стелі цього приміщення забезпечені звукоізоляційною обшивкою з коефіцієнтом звукопоглинання не менше 0,7 і мають звукоізоляційну здатність не менше 50 дБА.

Для зменшення шуму обертових елементів необхідно стежити за рівнем масла в підшипникових блоках.

Після проведення цих заходів величина загальної вібрації на робочих місцях з робочою лінією не перевищує санітарно-гігієнічних норм, встановлених ДДС 3.3.5.037-99 "Державні санітарні норми виробництва загальної та місцевої вібрації".

5.1.4. Пожежна безпека

Згідно з ОНТП 24 - 86, приміщення для пресу гранулятора класифікуються як пожежонебезпечні, оскільки містять горючі речовини, зона класу Р - Іа (PUE). Відповідно до SN Р 2.01.02-85 приміщення відноситься до першого ступеня вогнестійкості.

Можливими причинами пожежі можуть бути:

- порушення технологічного режиму;
- несправність електрообладнання та електроживлення;
- куріння у невстановлених місцях.

						Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Заходи безпеки:

Кількість поверхів не обмежена.

Площа підлоги у вогні не обмежена.

Ширина евакуаційних дверей 0,9 м. - 2 штуки.

В приміщенні встановлені пожежні гідранти та теплові сповіщувачі, які спрацьовують, коли температура піднімається вище заздалегідь визначеної межі.

Захист статичної електрики - це заземлення.

Основним засобом пожежогасіння є ОУВ - 3А. Порошкові вогнегасники ДСТУ 3105 Vekson-ABC 50 TU 2149-028-10968286 в кількості 10 шт;

- ящики з піском - 5 шт;
- заповнення (стаціонарне, ручне)
- пожежні гідранти - 4 шт.

5.2. Техніка безпеки праці на лінії

Перед початком роботи потрібно перевірити:

- робоче місце, яке чисте і не містить зайвих предметів;
- справність усіх механізмів, пристроїв, приладів;
- справність витяжної вентиляції;
- наявність стисненого повітря;
- належне функціонування кнопок аварійної зупинки;
- стан заземлюючих пристроїв та електроізоляції споживачів електроенергії, провідників, пристроїв та обладнання відповідно до вимог ЕМП.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

заборонено:

- витягувати барабан для заміни до повного припинення;
- підтягувати кінець кабелю до барабана під час його обертання;
- потрапляти в зону різання ножа;
- забороняється проводити ремонтні роботи в пневматичній системі та у системі водопроводу, якщо вони мають тиск;

Для запобігання травм обертові деталі оснащені захисними кришками та щитками.

6. Очікувані механіко-економічні показники

Дослідження деформаційних властивостей полімерних гранул допоможе зберегти кошти при виготовленні гранул внаслідок:

- більше кращому підбору редуктора та приводу;
- деталі менш будуть менше піддаватися зносу;
- оцінити ефективність подрібнення матеріалу.

Висновки

Розроблений дипломний проект на тему: «деформаційні властивості полімерних гранул».

У пояснювальній записці зроблено опис лінії гранулятора на базі ЧП 45х25. Показані технічні характеристики черв'ячного пресу та зроблено опис принципу роботи машини та конструкції. Було проведено пошук літератури та проаналізовано готові рішення. Також у пояснювальній записці є інформація про безпеку для нашої конструкції.

						Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ «Розрахунки»
до дипломного проекту

на тему: деформаційні властивості полімерних гранул

Київ – 2020 року

						Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

Вступ

1. Параметричні розрахунки основних параметрів і характеристик черв'ячного гранулятора для відходів ПС

1.1 Розрахунок геометрії шнеку черв'ячного гранулятора

1.2 Розрахунок продуктивності гранулятора на базі ЧП-45

1.3 Розрахунок потужності приводу гранулятора на базі ЧП-45

2. Розрахунок на міцність шнека та жорсткість

2.1 Розрахунок шнека на міцність

2.2 Розрахунок черв'яка на жорсткість

3. Розрахунок полімерної сфери на міцність

4. Розрахунок на міцність полімерної гранули

Висновки

Література

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Параметричні розрахунки основних параметрів і характеристик черв'ячного гранулятора для відходів ПС

Вступ

Метою виконання дипломної роботи є дослідження деформаційних властивостей полімерних гранул. Під час виконання дипломної роботи виконано:

- параметричні розрахунки:
 - Розрахунок геометрії шнеку черв'ячного гранулятора;
 - Розрахунок продуктивності гранулятора на базі ЧП-45;
 - Розрахунок потужності приводу гранулятора на базі ЧП-45;
- Розрахунок на міцність шнека та жорсткість:
 - Розрахунок шнека на міцність;
 - Розрахунок шнека на жорсткість;
- Розрахунок полімерної сфери на міцність
- Розрахунок на міцність полімерної гранули

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.1 Розрахунок геометрії шнеку черв'ячного гранулятора

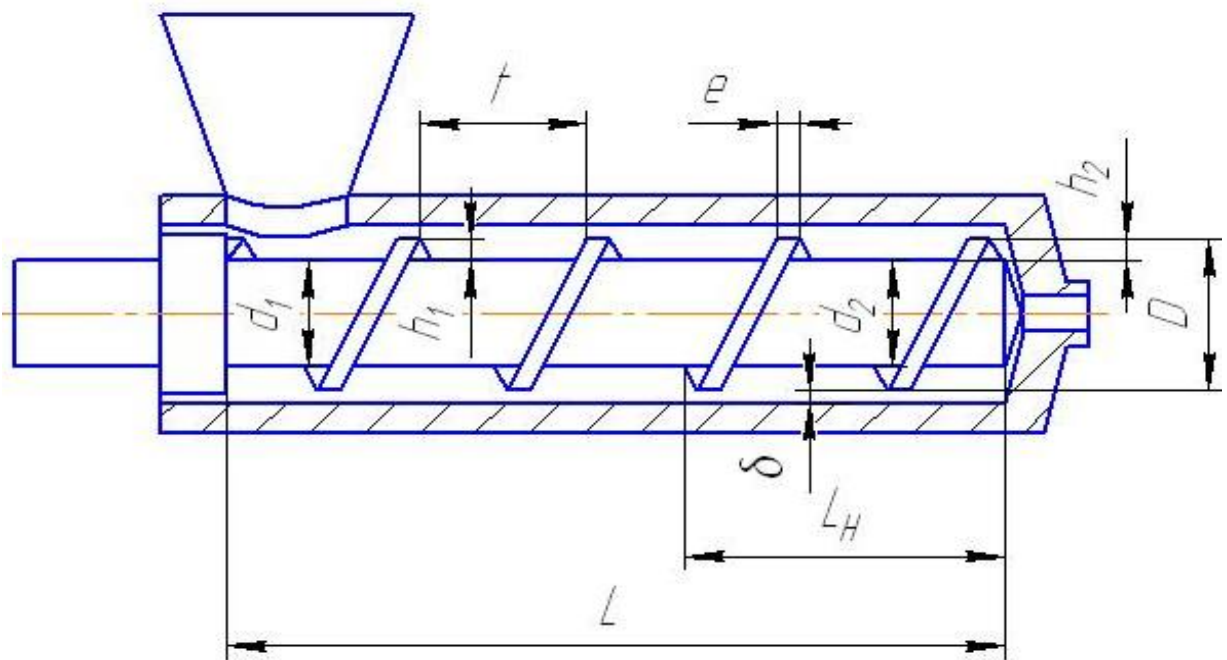


Рис.1.1 Схема черв'ячного преса

Вихідні дані: діаметр черв'яка $D=45$ мм, загальна довжина черв'яка $25D$, крок нарізки черв'яка $t=25$ мм, матеріал що перероблюється – поліетилен низької густини.

Проводимо розрахунок геометрії черв'яка згідно з [12] :

Загальна довжина черв'яка:

мм.

1. Довжина зони завантаження l_1 :

$$l_1 = D \cdot 6 = 45 \cdot 6 = 270 \text{ мм.}$$

1. Довжина зони стиснення l_2 :

$$l_2 = D \cdot 11 = 45 \cdot 11 = 495 \text{ мм.}$$

3. Довжина зони дозування:

$$l_3 = D \cdot 8 = 45 \cdot 8 = 360 \text{ мм.}$$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Крок нарізки витків t (в середньому $t = D$):

мм.

5. Ширина витка e :

мм.

6. Глибина нарізки в зоні завантаження $h1$

мм.

7. Діаметр сердечника черв'яка в зоні завантаження d_1

–

мм.

8. Глибина нарізки в зоні дозування $h2$:

мм.

де i – коефіцієнт стиснення, звичайно рівний 2 - 3 для різних матеріалів.

приймаємо $i = 3$.

9. Діаметр сердечника черв'яка в зоні дозування $d2$:

–

мм.

10. Зазор між гребенем черв'яка і внутрішньою поверхнею корпусу δ

$$0.1 \text{ мм} < \delta < 0.3 \text{ мм}$$

мм.

1.2 Розрахунок продуктивності гранулятора на базі ЧП-45

Продуктивність лінії для виробництва труб з поліетилену визначається насамперед продуктивністю черв'ячного преса, тобто його пластифікуючою

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

спроможністю. Тому необхідно визначити масову продуктивність черв'ячного преса. Продуктивність знаходимо за формулою:

$$Q_v = \frac{\alpha \cdot K}{K + \beta_1 + \gamma_1} \cdot n,$$

де K – коефіцієнт геометричної форми головки екструдера (приймаємо 2,4 мм³),

α – коефіцієнт прямого потоку розплаву у каналі черв'яка,

β – коефіцієнт зворотнього потоку розплаву у каналі черв'яка,

γ – коефіцієнт потоку втрат крізь зазор між корпусом преса та гребнями черв'яка,

n – частота обертів черв'яка.

Кут нахилу лінії нарізки:

Коефіцієнт прямого потоку розплаву у каналі черв'яка:

Коефіцієнт зворотного потоку розплаву у каналі черв'яка:

Коефіцієнт потоку втрат крізь зазор між корпусом преса та гребнями черв'яка:

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Об'ємна секундна продуктивність:

де $n=1$ об/с - оберти черв'яка за секунду

Масова продуктивність лінії відповідно становитиме:

кг/год

Прийняті геометричні параметри черв'яка забезпечують необхідну пластикаційну продуктивність.

1.3 Розрахунок потужності приводу гранулятора на базі ЧП-45

Мета розрахунку: визначити потужність, що витрачається на переробку поліетилену.

У формули для потужності підставляємо розміри в мм, α , β , γ в мм³, перепад тиску в МПа, число обертів - за хвилину.

1. Потужність, споживана в гвинтовому каналі:

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

при

2. Потужність, споживана в зазорі між гребнем і корпусом:

1. Потужність, споживана в зоні дозування:

$$N_d = N_1 + N_2 = 11.69 + 0.533 = 11.223 \text{ кВт}$$

2. Потужність, споживана черв'яком:

$$11.223 = 24.5 \text{ кВт}$$

5. Потужність двигуна:

$$\text{ККД приводу приймаємо } \eta = 0.7 \div 0.8$$

2. Розрахунок на міцність шнека та жорсткість

2.1 Розрахунок шнека на міцність

Розрахунок черв'яка на міцність – перевірка спроектованих на підставі попередніх розрахунків розмірів черв'яка .

Вихідні дані: матеріал черв'яка сталь 38ХМЮА , границя текучості при робочій температурі черв'яка $\sigma_T = 700$ МПа, діаметр черв'яка 45 мм .

Полярний момент інерції :

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		Арк.



P

II

P

C

Д

O

Арк.

Дотичні напруження :

Де _____

Осьова сила:

Напруга стиску :

Результати напруги по *III*-ій теорії міцності :

Запас міцності :

$$n = [\sigma_T] / \sigma_{III} = 700 / 70,7 = 9,9$$

Запас міцності забезпечить надійність роботи машини.

2.2 Розрахунок черв`яка на жорсткість

На ряду з умовами міцності важливим є забезпечення умов жорсткості – максимальний угин черв`яка повинен бути меншим конструкційного зазору

$$\delta \geq \delta_k .$$

Вихідні дані : Матеріал черв`яка сталь 40Х, діаметр черв`яка $d=45\text{мм}$, зазор між корпусом і черв`яком:

$$\delta = (0,001 \dots 0,005) D = 0,002 \cdot 45 = 0,09 \text{ мм},$$

де E -модуль пружності , $E=2 \cdot 10^5$ МПа.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Арк.

Розрахункова схема черв'яка зображена на мал.3.1. Згідно з методики максимальний прогин дорівнює :

$$\delta = \frac{1}{IE} \left[\frac{q}{k^2} \left(\frac{1}{k^2} + \frac{l_p}{2} \right) - \frac{1}{k} \left(\frac{q}{k^2} + A * l_p \right) * \cos(k * l_p) - \frac{1}{k^2} \left(\frac{q * l_p}{k} - A \right) * \sin(k l_p) \right];$$

де

Максимальний прогин дорівнює :

$$= 0.01926 \text{ mm}$$

$\delta > \delta_k$ тобто прогин в межах допустимого.

3. Розрахунок полімерної сфери на міцність

Для розрахунку сфери на міцність була написана програма координат для програмного забезпечення APROKS [1-3], яке розроблене кафедрою ХПСМ КПІ. На базі системи APROKS проведений розрахунок сферичної частинки та розроблена її розрахункова схема. Для цього на мові програмування Fortran написана програма координат користувача та підключена в бібліотеку програм координат системи APROKS. Модель яку отримали, на базі створеної програми, приведена на рис.3.1. Сферична частинка завантажена на полюсах вимушеними переміщеннями для імітації контактної навантаження на рис.3.2

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

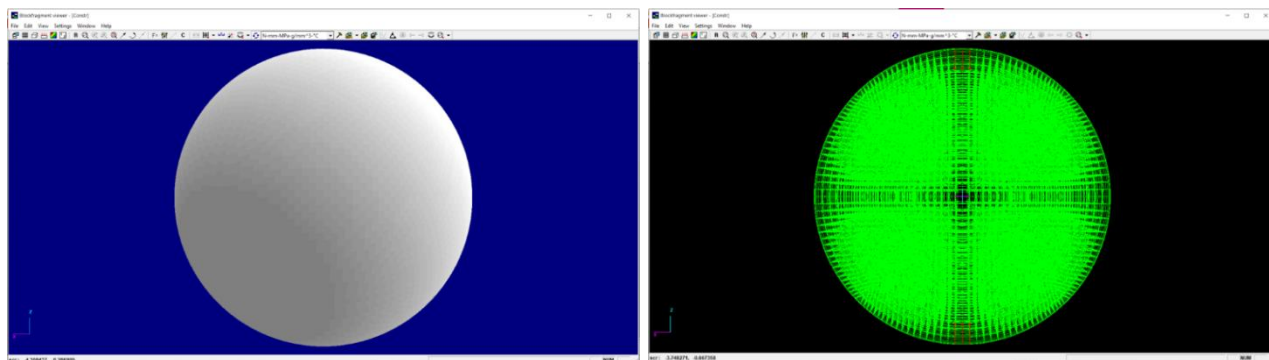


Рис. 3.1-3.2. - Загальний вид та умови навантаження сферичної частинки.

В якості розрахункової схеми сфери прийнята її 1/8 частина з урахуванням граничних умов, що забезпечують умови симетричного напруженого стану, що показано на рис 3.4.

Сфера виконана з полімерного матеріалу Тесамід 66, властивості якого приведені в табл.3.1. Діаграма пластичності наведена на рис.3.3.

Модуль упругості (испытание на растяжение)	3500	Мпа
Предел прочности	85	Мпа
Предел прочности при растяжении	84	МПа
Тепловое расширение (CLTE), 23 - 60 ° C (DIN EN ISO 11359-1)	11	[10-5 K-1]
Тепловое расширение (CLTE), 23 - 100 ° C (DIN EN ISO 11359-1)	12	[10-5 K-1]
Удельная теплоемкость	1,3	[J / (g*K)]
Теплопроводность	0.36	[W/(m*K)]

Табл.3.1. – Фізико-механічні характеристики Тесамід 66

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок сфери виконувався в декількох постановках:

1. Лінійний розрахунок
2. Геометрично нелінійний розрахунок
3. Фізично нелінійний розрахунок (Пластичне деформування)
4. Спільний фізично і геометрично нелінійний розрахунок.

Результати розрахунку приведені на рис. 3.6.

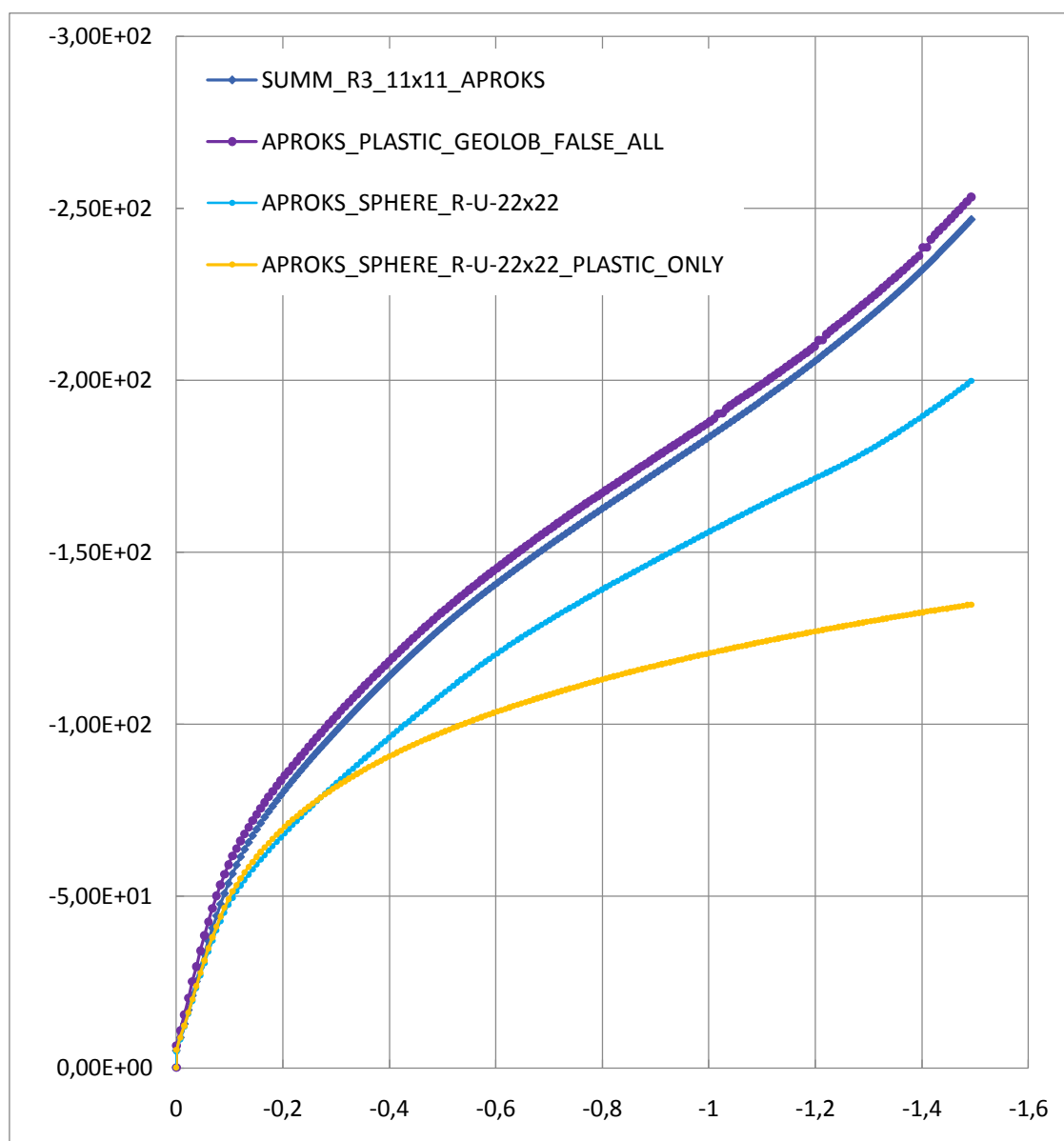


Рисунок 3.6. – Усереднена реакція по площині контакту.

Аналіз отриманих результатів дозволяє зробити висновок про те що, коректне моделювання напружено деформівного стану сфери потрібно виконувати в спільній геометрично та фізично нелінійній постановці.

Історія розповсюдження зон пластичності у сфері в залежності від рівня навантаження приведена на рис.3.7-3.10. Аналіз цих результатів дозволяє зробити висновок про наявність суттєвих зон пластичних деформацій, що зумовлено нелінійною діаграмою деформування матеріалу TECAMID 66 згідно рис. 3.3.

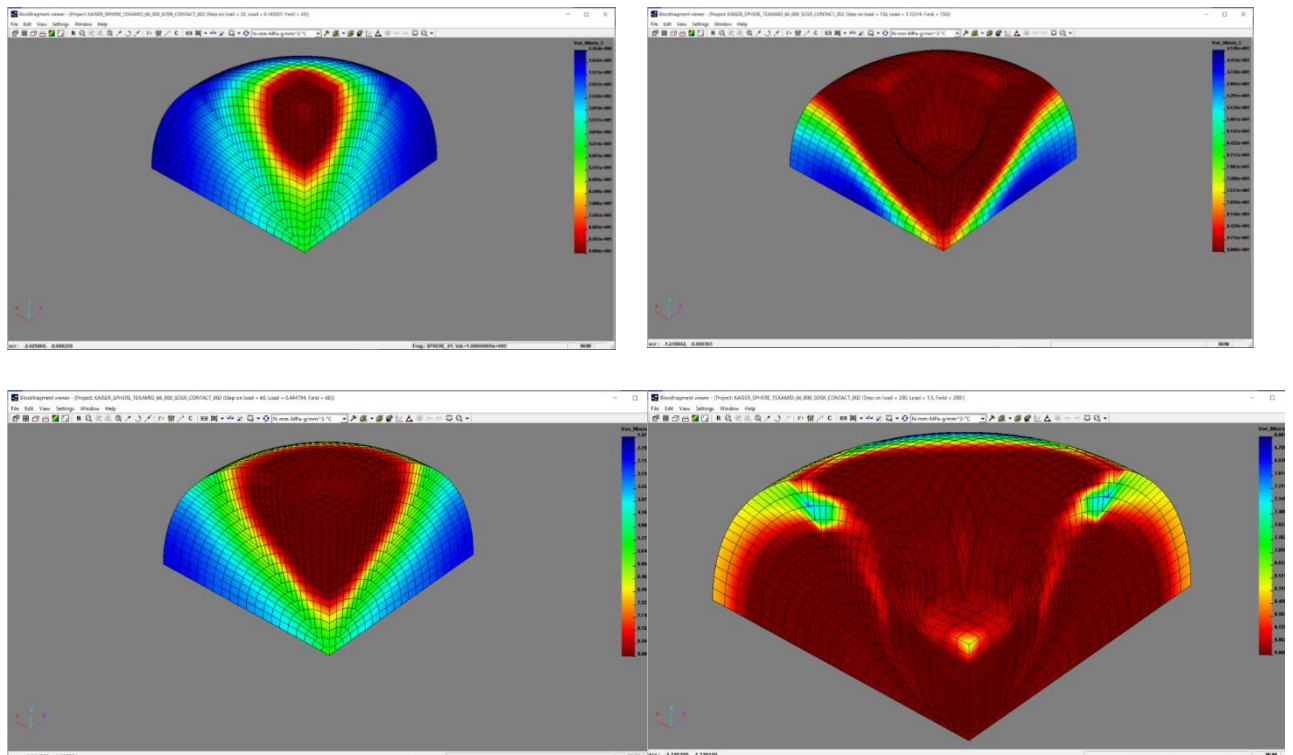


Рис. 3.7-3.10. – Еволюція змін еквівалентних напружень за Мізесом у сфері в залежності від рівня навантаження.

На рис. 3.11 наведені дані, отриманні в результаті експерименту по обтисненню сфери жорстким штампом які представленні технічним університетом Кайзерслаутерна (Німеччина). Порівняння діаграми «реакція -

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

переміщення» (Рис. 3.12) в центральній точці сфери свідчить про якісне узгодження експериментальних та чисельних досліджень.

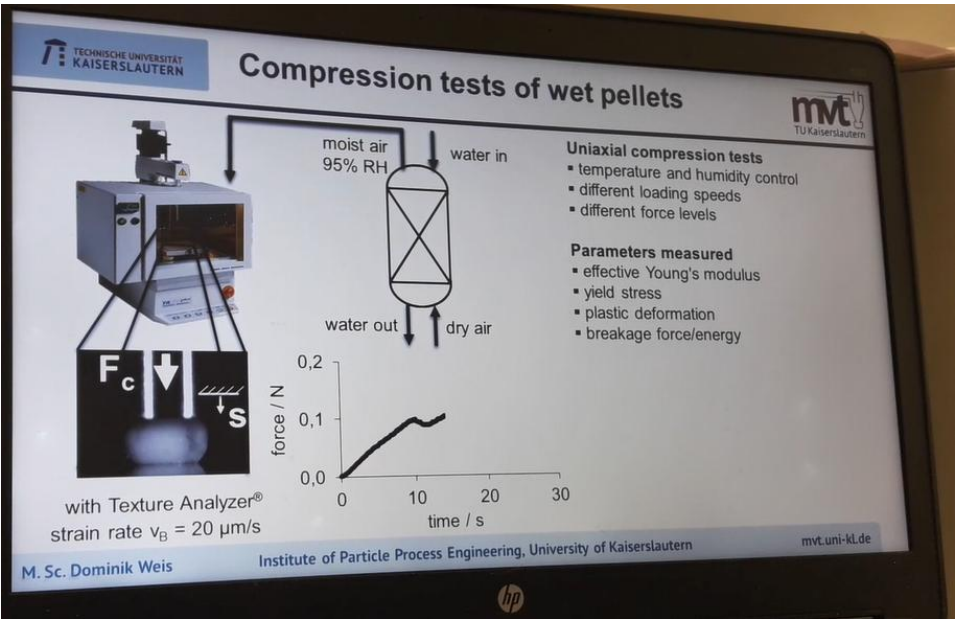


Рис. 3.11. Результати Технічного університету Кайзерслаутерна

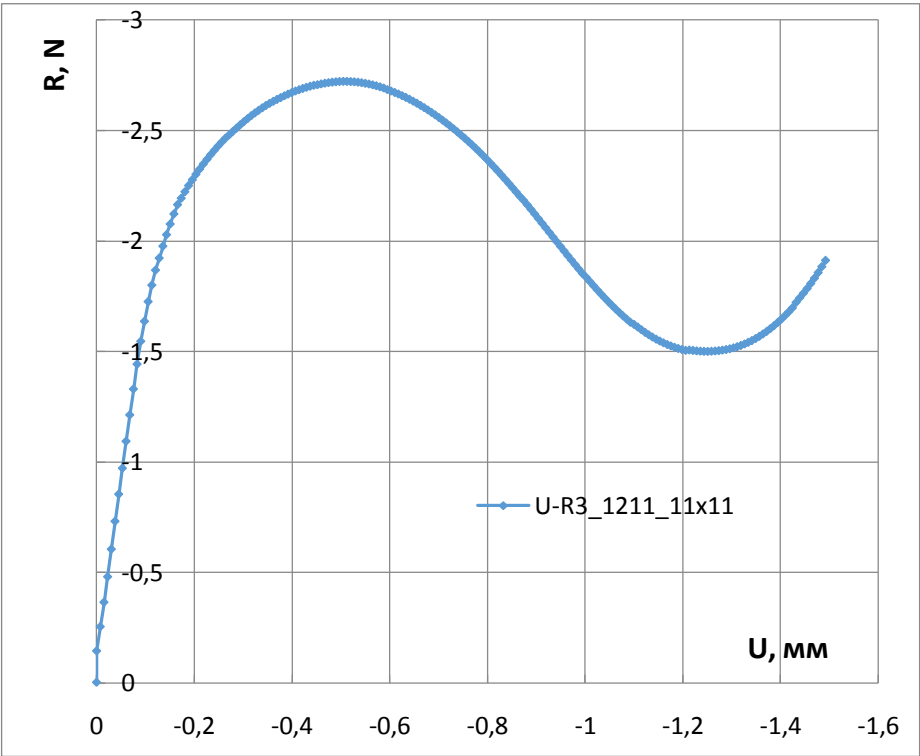


Рис. 3.12. Реакція в центральній точці контакту

4. Розрахунок на міцність полімерної гранули

На базі системи APROKS також проведений розрахунок полімерної гранули та розроблена її розрахункова схема. Розрахункова модель гранули та умови її навантаження приведені на рис.4.1-4.4.

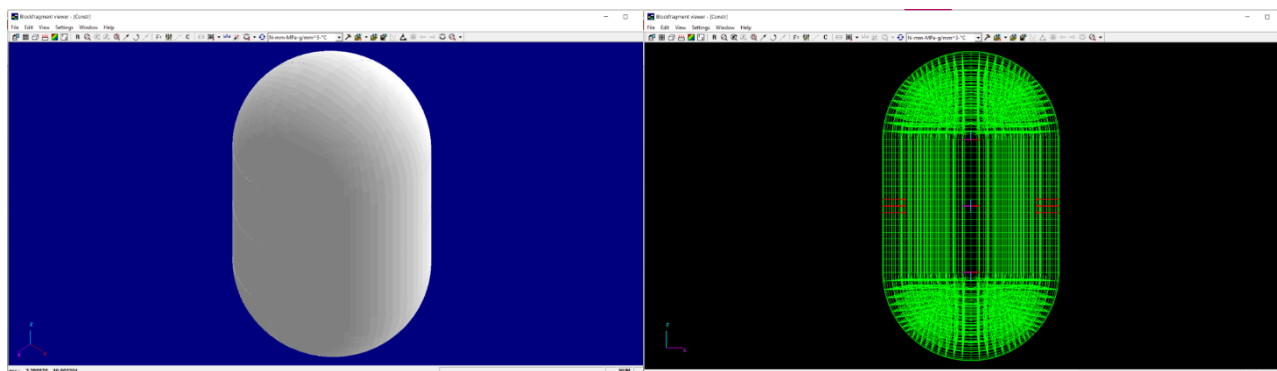


Рис 3.1-3.2. – Загальний вигляд і умови навантаження частинки.

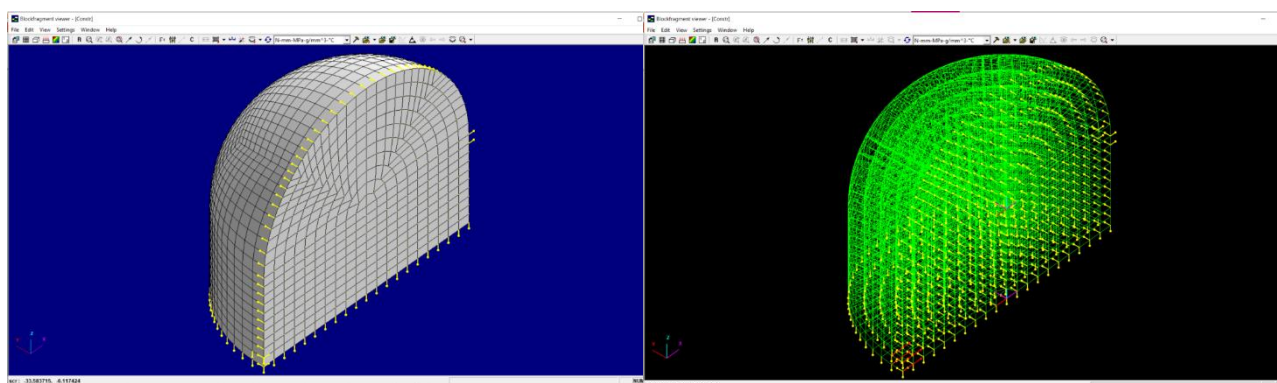


Рис 3.3-3.4. – Розрахункова схема сферичної частинки.

Для деталізації процесу накопичення пошкоджень у гранулі виконано розрахунок її на міцність. На рис. 3.5-3.10 приведені результати розповсюдження пошкоджень у гранулі в залежності від рівня її навантаження. Аналіз цих результатів свідчить про те що, для розрахунку полімерних гранул с TECAMID 66 визначення еволюції розповсюдження пошкоджень є актуальне.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		Арк.

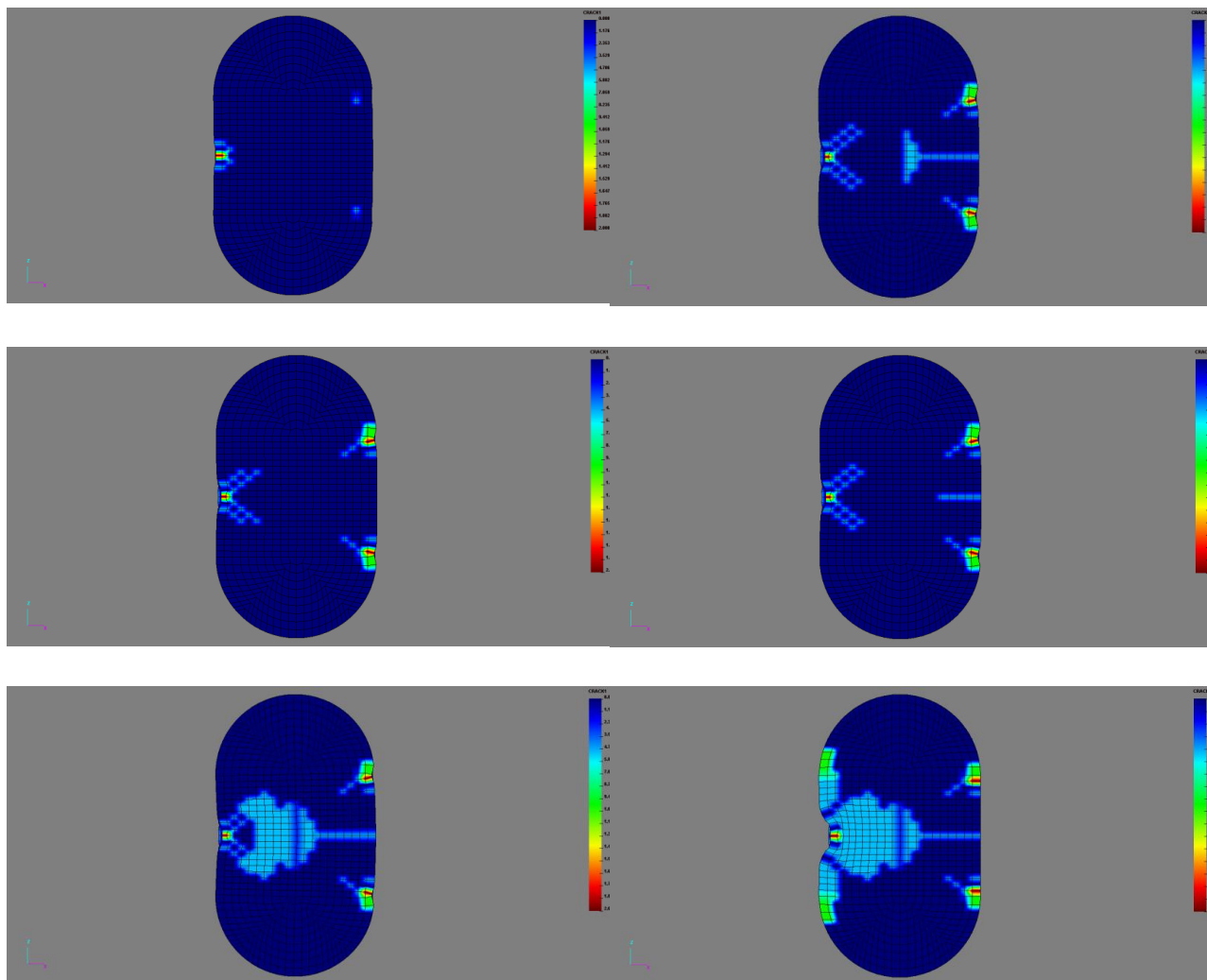


Рисунок 3.5-3.10. – Еволюція накопичення пошкоджень в полімерній гранулі в залежності від рівня навантаження.

Висновки

Було зроблено параметричні розрахунки основних параметрів і характеристик черв'ячного гранулятора для відходів ПС. Розрахунок геометрії шнеку черв'ячного гранулятора. Розрахунок продуктивності гранулятора на базі ЧП-45. Розрахунок потужності приводу гранулятора на базі ЧП-45. Розрахунок на міцність шнека та жорсткість. Розрахунок полімерної сфери на міцність. Розрахунок на міцність полімерної гранули.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Література:

1. Sakharov A.S., Gondlyakh A.V., Mel'nikov S.L., Snitko A.N. Numerical modeling of processes of failure of multilayered composite shells. Mechanics of Composite Materials. May 1989, Volume 25, Issue 3, pp 337–343. DOI: 10.1007/BF00614801 EID: 2-s2.0-0024756009. Springer, Scopus - Elsevier
2. Gondliakh A.V. Refined model of multilayer structures deformation for progressive destruction processes study. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Vol 2, No 7(56) (2012), pp. 52-57. <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/3759/3519>.
3. Gondliakh A.V. Adaptation in ABAQUS of the iterated-analytical multilayer user finite element // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. №7 (57), 2012, v. 3, pp. 62-68, <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/4065>.
4. Alberto Di Renzo, Francesco Paolo Di Maio, Comparison of contact-force models for the simulation of collisions in DEM-based granular flow codes, Chemical Engineering Science, 59 525 – 541, (2004)
5. Zhang and Whitten, The calculation of contact forces between particle using spring and damping models, Powder Technology, 88:59-64 (1996)
6. A.O. Raji, Discrete Element Modelling of the Deformation of Bulk Agricultural Particulates, Department of Agricultural and Environmental Sciences at the University of Newcastle upon Tyne (19

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ «Технологія машинобудування»

до дипломного проекту

на тему: деформаційні властивості полімерних гранул

Київ – 2020 року

						Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

1. Технологічна схема виготовлення деталі

1.1. Опис та призначення деталі

1.2. Вибір заготовки для виготовлення деталі

1.3 Технологічний процес виготовлення деталі (МК, КЕ, ОК)

2. Вибір та розрахунок пристосування

2.1. Вибір пристосування, опис конструкції та принципу дії

2.2. Розрахунок сил закріплення деталі.

Висновки

Література

						Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Технологічна схема виготовлення деталі

1.1. Опис та призначення деталі

Під час виконання робіт розробляється процес виготовлення частини «втулка», що означає вибір способу виготовлення заготовки, призначення послідовності операцій, підбір обладнання та інструментів для кожної операції технологічного процесу, обчислення елементів умов різання, різання сили і норми часу.

Монтажна втулка служить для закріплення внутрішніх кілець підшипників кочення та інших деталей на циліндричних ділянках валів і осей. Така гільза забезпечує точне розміщення деталей на валах і фіксує їх при затягуванні гайкою.

1.2. Вибір заготовки для виготовлення деталі

В результаті аналізу конструкції втулки та вимог креслення робимо висновок, що найбільш доцільно використовувати литу заготовку. З усіх способів утворення литих заготовок у цьому випадку можна використовувати лиття в мушльових формах, лиття за моделями, які втрачаються воском і лиття у металеві форми. Враховуючи габарити і матеріал втулки, заготовка буде створена виливанням у холодну форму. Процес лиття металів у холодну форму відбувається наступним чином. Виготовляється холодна форма - розбірна форма (зазвичай металева), в яку виконується лиття. Після затвердіння і охолодження відкривається холодна форма і продукт видаляється з неї. Потім холодну форму можна повторно використовувати для відливання тієї ж деталі. На відміну від інших методів лиття у металеві форми (лиття під тиском, відцентрове лиття тощо), при литті форми з рідким сплавом і твердінні вона відбувається без будь-якого зовнішнього впливу на рідкий метал, а лише під дією сили тяжіння.

						Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

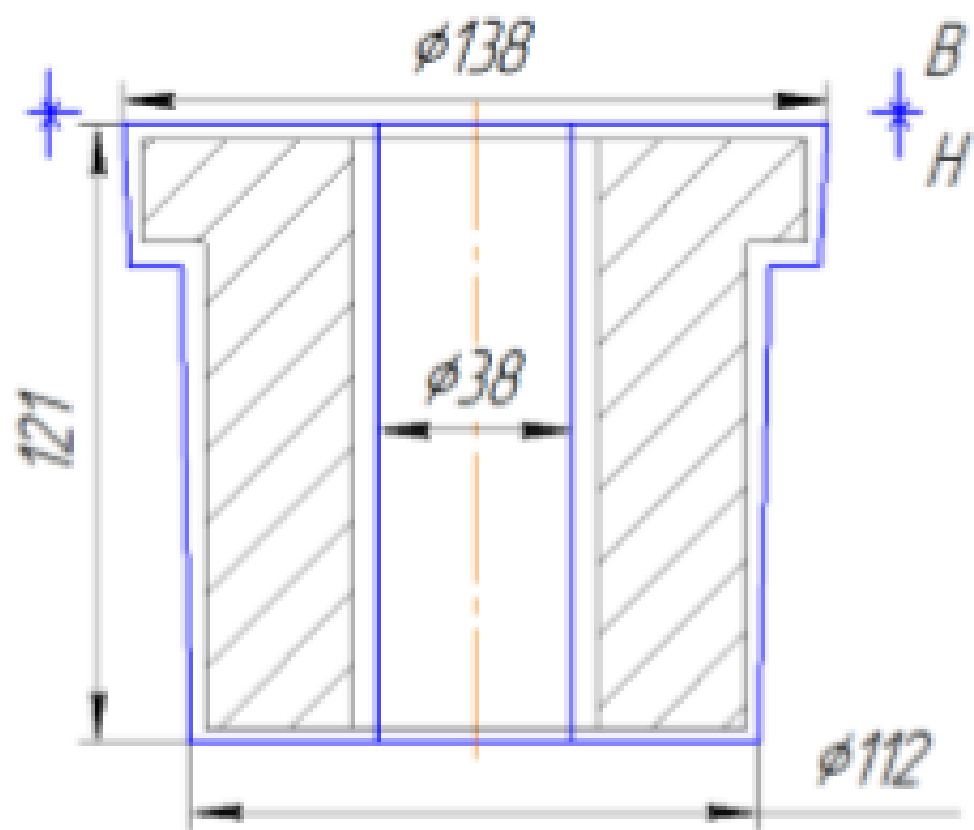
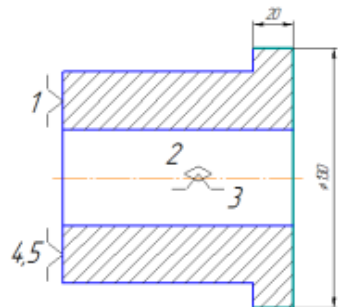


Рис.1. - Заготовка деталі

1.3 Технологічний процес виготовлення деталі

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

[illegible]



Назва операції				Матеріал	
Токарна				СТАЛЬ 40ХЛ ГОСТ 977-88	
Твердість	ОВ	МД	Профіль і розміри	МЗ	Коод
	кг	14,2		18	1
Обладнання, пристрій ЧПК					
Токарний верстат 16К20					
То	Тд	Тп.з	Тшт.	МОР	
				Емульсія	

P		П.И.	D или B	L	t	l	S	n	V	T _{B.}	T _{O.}
P01	1. Точити Ø130 начорно;										
T02	2. Підрізати торець Ø130.										
03											
O04											
T05											
T06											
O.K.	Обробка різанням										

2. Вибір та розрахунок пристосування

2.1. Вибір пристосування, опис конструкції та принципу дії

При виготовленні деталі – втулки здійснюється багато різних операцій. Для кожної з них переважно використовують своє пристосування. Я вибрав одне з них патрон з жорстким centruючим елементом і трьома прихватами для розточування внутрішньої поверхні.

Патрон з жорстким centruючим елементом і трьома прихватами (Рис.А2) працює наступним чином. Втулка, centruється обробленим отвором на пальці 5, а торцем фланця прилягає до торця кільця 3. Осьовий затиск деталі здійснюється трьома важелями(прихватами) 4, до яких рух від пневмоциліндра передається завдяки тязі 13 і коромислу 11. Для забезпечення рівномірності затиску всіма важелями передбачені сферичні шайби 9 і 10, які дозволяють коромислу качатися. При зворотньому ході тяги 13 кільце 12 тисне на коромисло і переміщує його вправо. При цьому важелі 4 ковзають по сухарях 6, які розміщені у кришці 2 і під дією пружин 8 і плунжерів 7 розкриваються. І звільнюють оброблювану деталь. Для безпеки роботи пристрій вкритий кожухом 1.

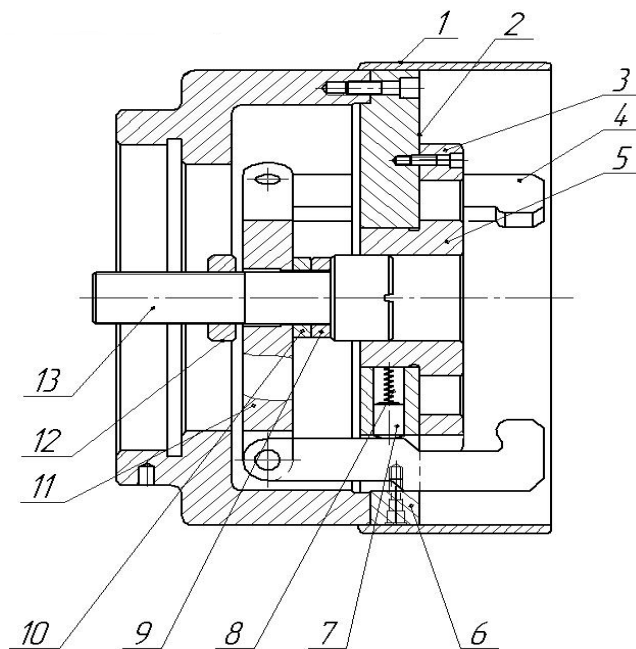


Рис 2.1. Патрон з жорстким centruючим елементом і трьома прихватами

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	54

2.2. Розрахунок сил закріплення деталі.

Закріплення заготовки в патроні виконується за допомогою затискного гвинта.

Визначаємо силу притискання заготовки P прихватами:

$$P = \frac{2 \cdot M_{MAX} \cdot k}{D \cdot f} = \frac{2 \cdot 14,4 \cdot 3,5}{0,05 \cdot 0,16} = 12600 \text{ Н}$$

M_{MAX} – максимальний обертовий момент при свердлінні отвору під різьбу M10-6H, формула.

$$M_{MAX} = 14,4 \text{ Нм}$$

D – діаметр базової поверхні, $D=0,05$ м;

K – коефіцієнт запасу, $k=3,5$

f – коефіцієнт тертя, $f = 0,16$

σ – напруження розтягу – стиску матеріалу гвинта, $\sigma = 9 \cdot 10^7 \text{ Па}$

Діаметр затискного гвинта:

$$d = 1,4 \cdot \sqrt{\frac{P}{\sigma}} = 1,4 \cdot \sqrt{\frac{12600}{9 \cdot 10^7}} = 0,0165 \text{ м}$$

Приймаємо діаметр гвинта затискаючого механізму Tr 17x2.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

ВИСНОВКИ

У процесі розробки технологічного процесу виготовлення гільзи було виконано наступне:

- враховано службове призначення втулки та її конструктивні особливості;
- проаналізовано технологічність втулки та її заготовки;
- складено орієнтовний план поверхонь, визначено тип виробництва;
- обраний спосіб виготовлення заготовки та розроблений її ескіз
- розроблено маршрут виготовлення деталі;
- обрані моделі металорізальних верстатів, пристроїв та інструментів;
- розраховуються надбавки, умови різання та норми часу для найбільш критичної роботи технологічного процесу.

						Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік використаних джерел інформації

1. Real-time visualization of dynamic particle contact failures. Niranjana D. Parab, Matthew Hudspeth, Ben Claus, Zherui Guo, Tao Sun, Kamel Fezzaa and Weinong W. Chen. Received: January 2017.
2. Effect of particle morphology and contacts on particle breakage in a granular assembly studied using X-ray tomography. Zeynep Karatza, Edward Andò, Stefanos- Aldo Papanicolopoulos, Gioacchino Viggiani², Jin Y. Ooi. Received: 8 January 2019.
3. Particles, contacts, bulk-behavior. S. Luding · J. Tomas. Published online: 24 May 2014
4. Micro-Mechanism of Spherical Gypsum Particle Breakage under Ball–Plane Contact Condition. Shicai Yu, Mincai Jia, Jian Zhou, Cheng Zhao and Lin Li. Received: 14 October 2019;
5. Molly Bazilchuka, Takashi Sumigawac, Takayuki Kitamurac, Zhiliang Zhanga, Helge Kristiansena, Jianying He. Received 29 August 2018;
6. Sakharov A.S., Gondlyakh A.V., Mel'nikov S.L., Snitko A.N. Numerical modeling of processes of failure of multilayered composite shells. Mechanics of Composite Materials. May 1989, Volume 25, Issue 3, pp 337–343. DOI: 10.1007/BF00614801 EID: 2-s2.0-0024756009. Springer, Scopus - Elsevier
7. Gondliakh A.V. Refined model of multilayer structures deformation for progressive destruction processes study. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.
8. Gondliakh A.V. Adaptation in ABAQUS of the iterated-analytical multilayer user finite element // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.
9. Alberto Di Renzo, Francesco Paolo Di Maio, Comparison of contact-force models for the simulation of collisions in DEM-based granular flow codes, Chemical Engineering Science, 59 525 – 541, (2004)
10. Zhang and Whitten, The calculation of contact forces between particle using spring and damping models, Powder Technology, 88:59-64 (1996)

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		Арк.

11. A.O. Raji, Discrete Element Modelling of the Deformation of Bulk Agricultural Particulates, Department of Agricultural and Environmental Sciences at the University of Newcastle upon Tyne (19)

12. Shcherbina V., Shvachko D., Borshchik S. Heat exchange simulation in energy zones of a rotary kiln with change of heat resistance of the body. *Technology audit and production reserves* 2019. №6/1(50). pp. 36-41. DOI: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2019.189169>

13. Горбацевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – Минск: Вышэйшая шк., 1983.- 256 с.

14. Щербина В.Ю., Чемерис А.О., Конструкторське проектування обладнання. Курсовий проект [Електронний ресурс] / Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2018. – 38 с. URL: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/25664>

15. Справочник технолога-машиностроителя в 2-х томах Т1. Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова – 4-е изд. переработанное и дополненное – М.: Машиностроение. 1986г. – 656 с.

16. Справочник приспособления: Справочник. В 2-х томах. Под ред. Б.Н. Вардашкина, Т2 : М.: Машиностроение. 1984г. – 656 с.

17. Справочник: Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении. Косилова А. Г., Мещеряков Р. К., Калинин М. А. – М.: Машиностроение, 1976. – 288 с.

18. Щербина В.Ю. "Моделювання процесу сепарації в циклонних вихрових апаратах". *Вісник НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського». Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження*. 2019. №1(18). с. 40-51. DOI: <https://doi.org/10.20535/2617-9741.1.2019.171037>

19. Карвацький А.Я., Мікульонок І.О., Борщик С.О., Караулова В.О. "Моделювання механічних властивостей армованих полімерних матеріалів пакувального призначення". *Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження*. 2018. N 1. С. 24-32. DOI: [10.20535/2306-1626.1.2018.143371](https://doi.org/10.20535/2306-1626.1.2018.143371).

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця розглянутих патентів

№ п.п	Предмет пошуку	№ свідоцтва, МПК, країна, Організація, автор	Суть заявленог Технологічного рішення та ціль його створення

Лістинг програм розрахунку

```

using System;
using System.IO;

namespace study
{
    class Program
    {
        static double Pi = 3.14;
        static double be = 0.1125; //Зазор між гребнем черв'яка і внутрішньою поверхнею
корпусу
        static double e = 5.4; //ширина витка
        static int mu = 186; //в'язкість матеріалу
        static int ld = 360; //Довжина зони дозування
        static int t = 45; //Крок нарізки витків
        static int n = 60; //частота обертів черв'яка
        static void Main(string[] args)
        {
            for(int D = 1; D < 101; D++)
            {
                Console.WriteLine($"D = {D}\tN2 = {N2(D)}");
                using (StreamWriter stream = new StreamWriter("Base.csv", true))
                    stream.WriteLine($"{D};{N2(D)}");
            }
            Console.ReadLine();
        }
        //Потужність, споживана в зазорі між гребнем і корпусом
        static double N2(int D) => ((Math.Pow(Pi, 3) * Math.Pow(D, 3) * e * ld * mu *
Math.Pow(n, 2)) / (136 * be * t)) * Math.Pow(10, -13);
    }
}

```

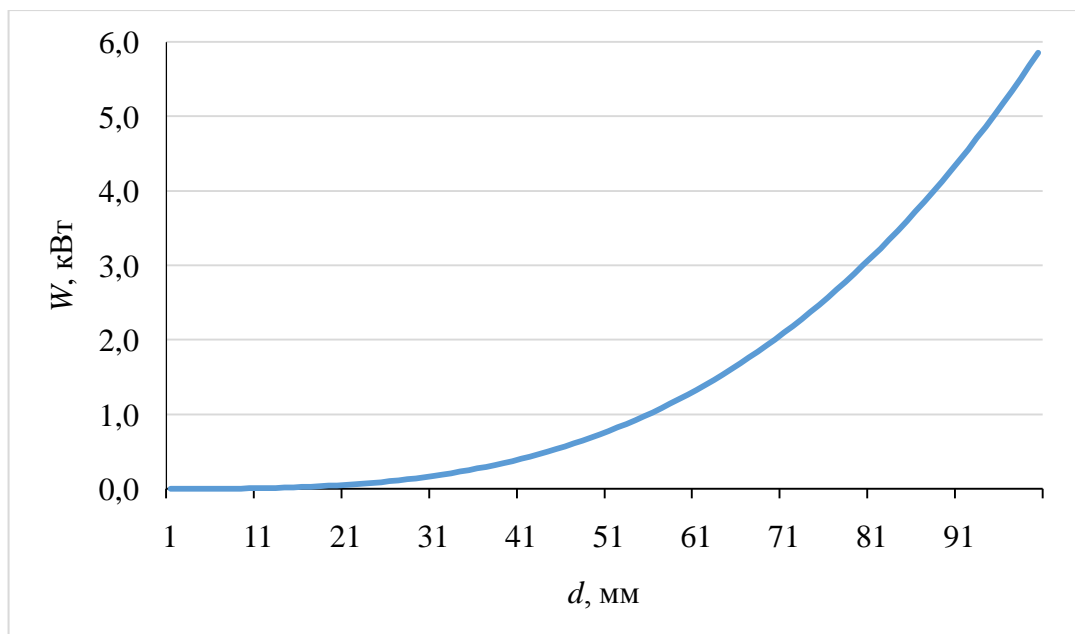


Рис 1. - Залежності потужності, споживаної в зазорі між гребнем і корпусом пресу від діаметру шнека

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

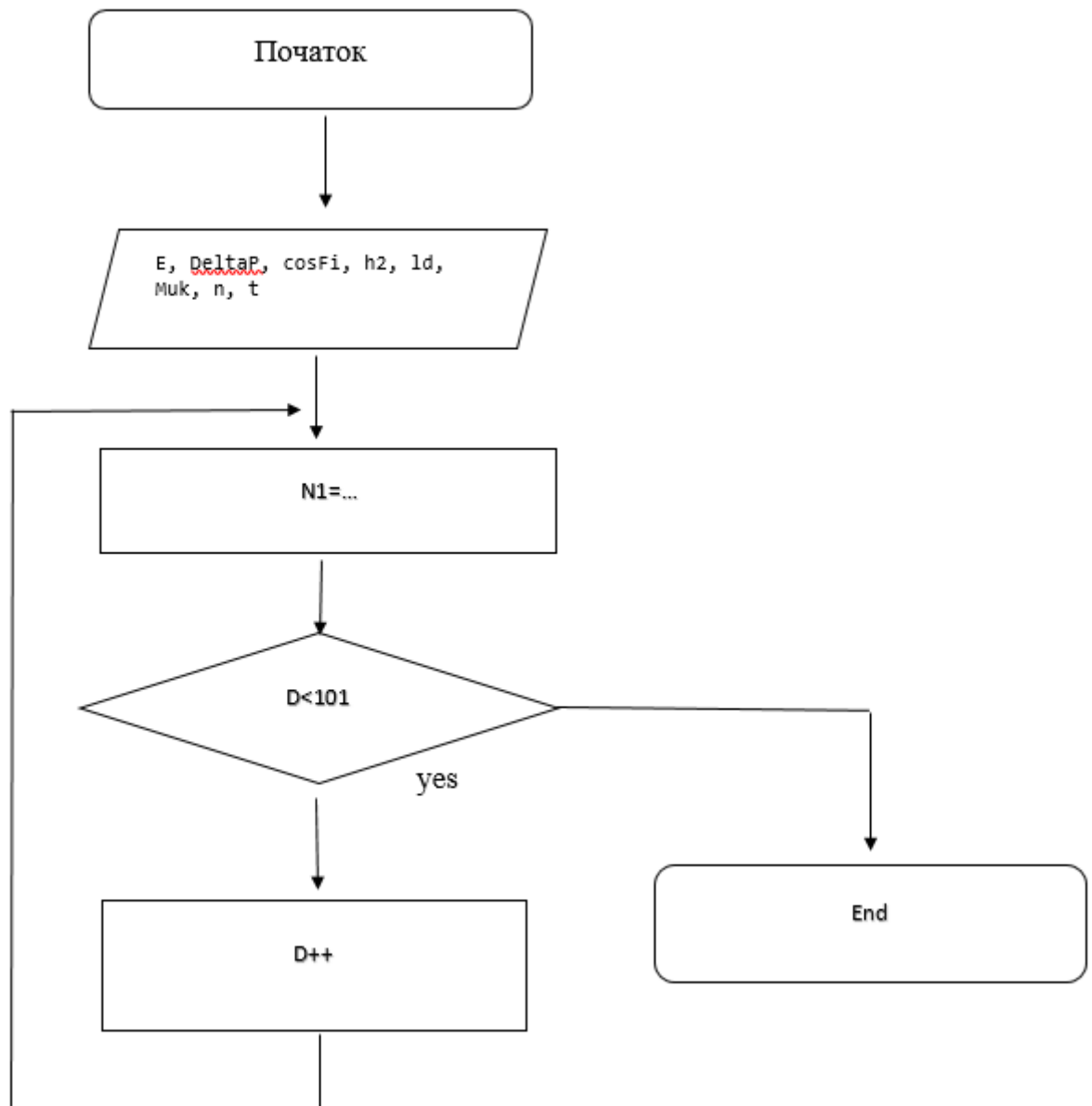


Рис. 2. – Блок-схема алгоритму розрахунку залежності потужності, споживаної в зазорі між гребнем і корпусом пресу від діаметру шнека

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Специфікації

[illegible]

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

[illegible]

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тези

УДК 669.715

Числове моделювання поведінки потоку полімерних гранул

Горобчук В.М., студент; Горобчук Я.М., студент; Гондляр О.В. проф., д.т.н
 Національний технічний університет України
 «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

Проведено числове моделювання поведінки потоку полімерних гранул в робочій зоні екструдера. В результаті чисельного моделювання в системі EDEM отримано еволюцію руху частинок у робочій зоні екструдера. Встановлено, що в зоні заправки спостерігається поступовий рух частин вздовж робочої зони екструдера, а на підході до зони пластикації відбувається ущільнення часток. Приведено графіки залежності зміни сили стискування часток у часі.

Ключові слова: екструдер, метод дискретних елементів, полімерні гранули.

В роботі числове моделювання поведінки потоку полімерних гранул розглядається в рамках загальних співвідношень методу дискретних елементів. Поступальний і обертальний рух дискретних елементів описується за допомогою рівнянь Ньютона-Ейлера. Для i -го елемента у цьому випадку записується відома система рівнянь [1,2]:

$$m_i \ddot{\mathbf{u}}_i = \mathbf{F}_i, \quad (1)$$

$$J_i \dot{\boldsymbol{\omega}}_i = \mathbf{T}_i, \quad (2)$$

де: \mathbf{u}_i - зміщення центрального елемента в фіксованій (інерційній) системі координат x_i , $\boldsymbol{\omega}_i$ - кутова швидкість, m_i - маса елемента, \mathbf{F}_i - результуюча сила, \mathbf{T}_i - результуючий момент щодо центральних осей, J_i - момент інерції. Оскільки в роботі розглядається потік полімерних сферичних частинок, то момент інерції визначається згідно формули:

$$J_i = \frac{2}{5} m_i R_i^2, \quad (3)$$

Пружна, контактна взаємодія двох сферичних частинок здійснюється за відомою формулою Герца [3], а саме;

$$F_{n,j}^e = \frac{4}{3} \frac{E_i E_j}{(1 - \nu_i^2) E_j + (1 - \nu_j^2) E_i} \sqrt{\frac{R_i R_j}{R_i + R_j}} \delta_{ij}^{\frac{3}{2}}, \quad (4)$$

де: E_i , ν_i , R_i – модуль Юнга, коефіцієнт Пуассона та радіус i -ої частинки відповідно, δ_{ij} – це величина фіктивного проникнення однієї частки в іншу яка визначає радіус контакту.

Для моделювання потоку полімерних часток в цій роботі, використовуються частинки радіусом 0.012 м та радіусом контакту 0.015 м (рис. 1). Отримання чисельних результатів по дослідженню процесу руху часток в робочій зоні екструдера виконано на базі системи EDEM [4]. Для моделювання взаємодії часток використана контактна модель «Hertz-Mindlin with Bonding» [5], яка дозволяє прослідити не тільки процес контактної взаємодії, але й моделює склеювання частинок за заданими властивостями адгезійного слою.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

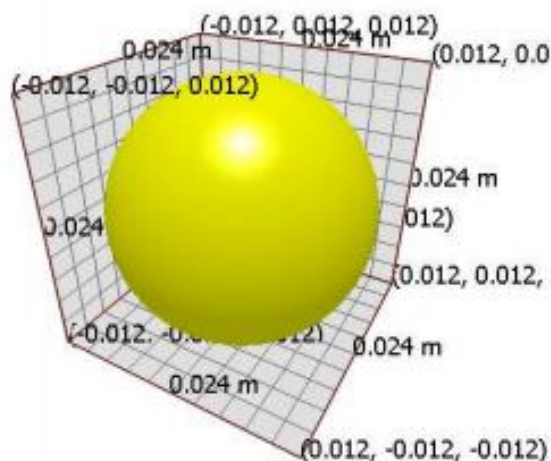


Рис. 1. Геометричні параметри сферичної частинки

В результаті чисельного моделювання в системі EDEM отримано еволюцію руху частинок у робочій зоні екструдера. В зоні загрузки (рис. 2, а) спостерігається поступовий рух частин вздовж робочої зони екструдера, а підході к зоні пластикації (рис. 2, б) відбувається ущільнення часток.

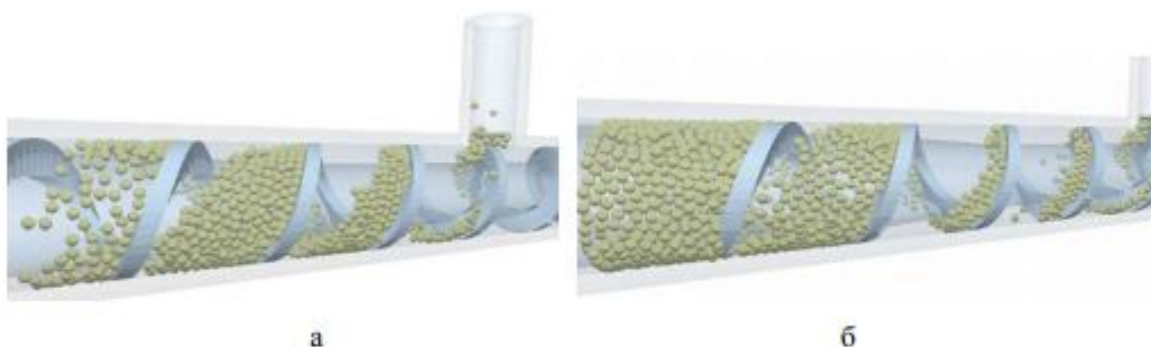


Рис. 2. Рух часток полімеру вздовж шнека екструдера

На рис. 3 приведено параметри адгезійного контакту між полімерними частинками, де: «Normal stiffness per unit area» - це жорсткість на розтяг/стиск уздовж основної осі зв'язку, «Shear stiffness per unit area» - це зсувна жорсткість в ортогональній площині до основної осі зв'язку, «Critical Normal stress» - максимальне нормальне напруження, яке може витримати зв'язок до того, як не вийде з ладу, «Critical shear stress» - це максимальне тангенціальне напруження, яке може витримати зв'язок до того, як не вийде з ладу, «Bonded disk radius» - це радіус зв'язку між частинками.



Рис. 3. Параметри адгезійного контакту часток

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В результаті моделювання цього процесу за контактною моделлю «Hertz-Mindlin with Bonding» в процесі ущільнення через 5 секунд з моменту завантаження в робочій зоні екструдера, утворюються адгезійні зв'язки між частками, які схематично відображенні на рис. 4.

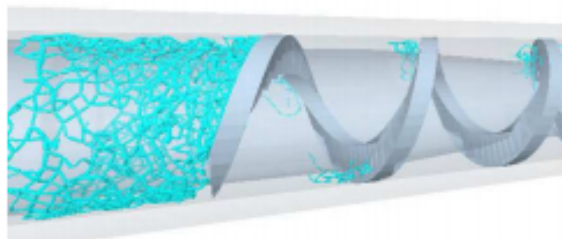


Рис. 4. Зв'язки що утворюються внаслідок ущільнення часток полімерів

Процес ущільнення а також встановлення зв'язків веде до істотного збільшення сили обтиску між частинками, що фіксується на діаграмі зміни тиску (рис. 5) після 5 секунд.

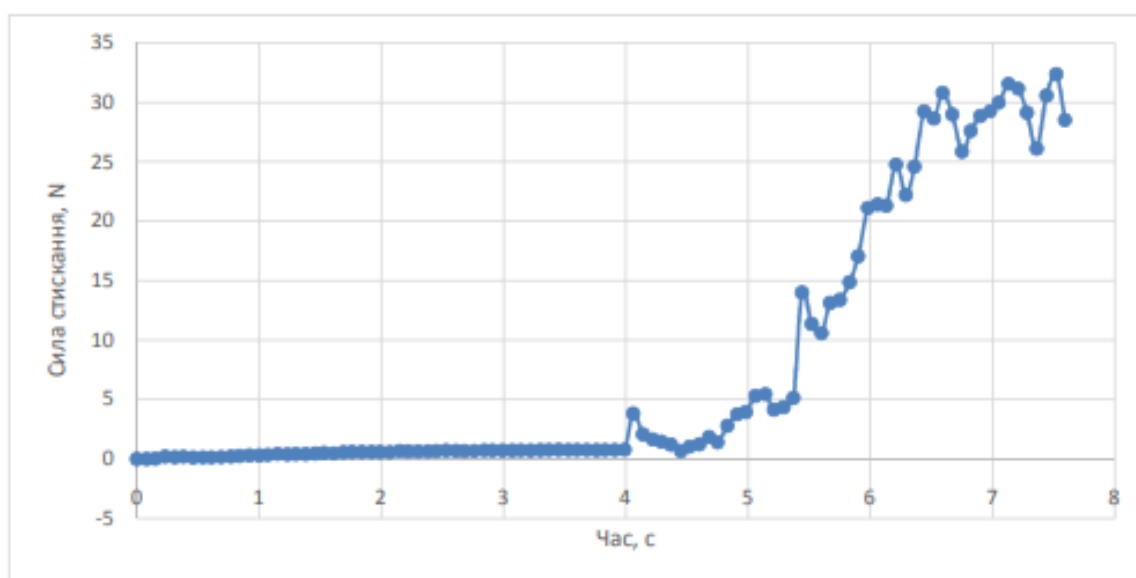


Рис. 5. Графік зміни сили стисання часток у часі

Література:

1. Prof. Jerzy Rojek, Ph.D., Dr. Habil., Eng. Szymon Nosewicz, Ph.D., Eng., New formulation of the discrete element method with deformable particles, 2019, p.28-31.
2. P.A. Cundall and O.D.L. Strack. A discrete numerical method for granular assemblies. Geotechnique, 29:47–65, 1979.
3. https://ru.wikipedia.org/wiki/Механика_контактного_взаимодействия
4. Ning, Z et al; *Discrete element simulation of impact breakage of lactose agglomerates*, Advanced Powder Technology, Vol.1:15-37. (1997)
5. Potyondy D. O. and Cundall P. A, *A bonded-particle model for rock*, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 41, 1329-1364 (2004)

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Деформаційні властивості полімерних гранул

Горобчук В.М., студент; Горобчук Я.М., студент; Гондях О.В. проф., д.т.н
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

Проведено числовий аналіз деформування полімерної сферичної гранули. В результаті чисельного моделювання в системі APROKS отримано еволюцію змін еквівалентних напружень за Мізесом у сфері в залежності від рівня навантаження. Встановлено, що для коректне чисельне моделювання на базі методу скінчених елементів необхідно виконувати у фізично- та геометрично нелінійній постановці. Показано якісне узгодження з експериментальними даними.

Ключові слова: полімерні гранули, метод скінчених елементів, пластичне деформування.

Розрахунок полімерної сфери на міцність виконаний в рамках програмного забезпечення APROKS, яке розроблене кафедрою ХПЧМ КПІ [1-3]. На базі системи APROKS проведений розрахунок сферичної частинки та розроблена її розрахункова схема. Для цього на мові програмування Fortran написана програма координат користувача та підключена в бібліотеку програм координат системи APROKS. Модель яку отримали, на базі створеної програми, приведена на рис. 1.1. Сферична частинка завантажена на полюсах вимушеними переміщеннями для імітації контактної навантаження (рис. 1.2).

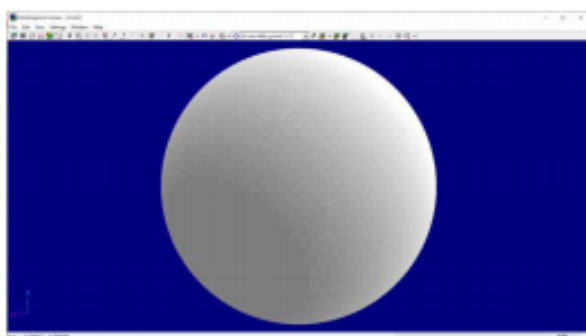


Рис. 1.1. Загальний вид сферичної частинки

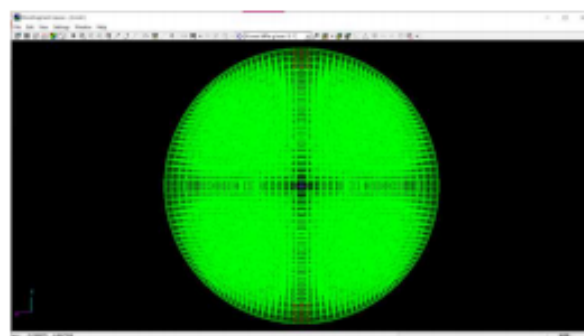


Рис. 1.2. Умови навантаження сферичної частинки

В якості розрахункової схеми сфери прийнята її 1/8 частина з урахуванням граничних умов, що забезпечують умови симетричного напруженого стану (рис. 1.3).

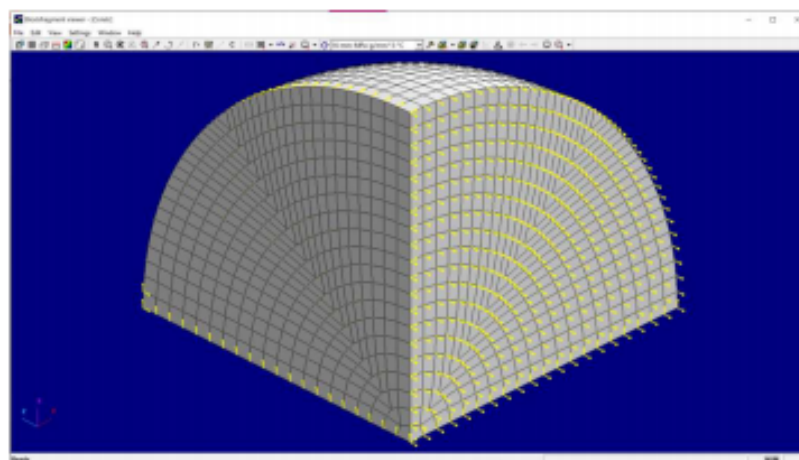


Рис. 1.3. Розрахункова схема сферичної частинки

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		Арк.

Сфера виконана з полімерного матеріалу Tescamid 66, властивості якого приведені в табл.1.1. Діаграма пластичності наведена на рис. 1.3.

Табл.1.1. Фізико-механічні характеристики Tecamid 66

Модуль упругости (испытание на растяжение)	3500	МПа
Предел прочности	85	МПа
Предел прочности при растяжении	84	МПа
Тепловое расширение (CLTE), 23 - 60 ° C (DIN EN ISO 11359-1)	11	[10-5 K-1]
Тепловое расширение (CLTE), 23 - 100 ° C (DIN EN ISO 11359-1)	12	[10-5 K-1]
Удельная теплоемкость	1,3	[J / (g*K)]
Теплопроводность	0,36	[W/(m*K)]

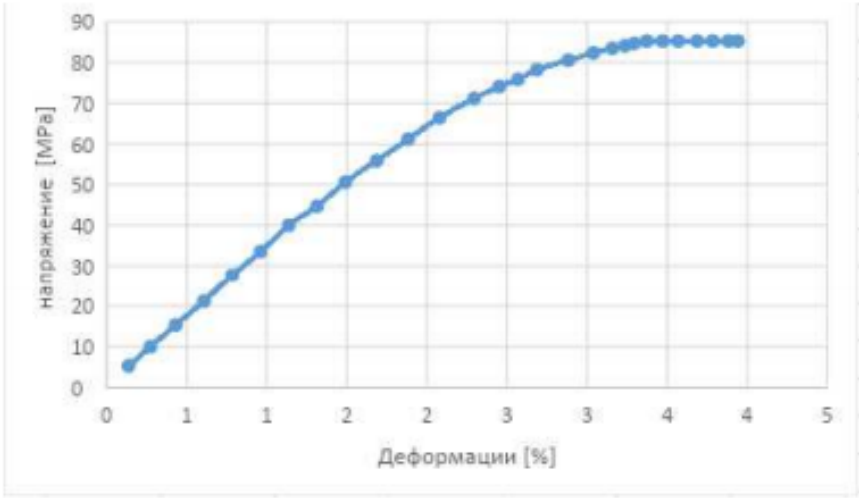


Рис.1.4. Діаграма пластичності Тесamid 66

Розрахунок сфери виконувався в декількох постановках:

1. Лінійний розрахунок;
2. Геометрично нелінійний розрахунок;
3. Фізично-нелінійний розрахунок (пластичне деформування);
4. Спільний фізично- та геометрично нелінійний розрахунок.

Результати розрахунків приведені на рис. 1.5.

Аналіз отриманих результатів дозволяє зробити висновок про те що, коректне моделювання напруженого деформівного стану сфери потрібно виконувати в спільній геометрично та фізично-нелінійній постановці.

Історія розповсюдження зон пластичності в полімерній сферичній гранулі в залежності від рівня навантаження приведена на рис.1.6. Аналіз цих результатів дозволяє зробити висновок про наявність суттєвих зон пластичних деформацій, що зумовлено нелінійною діаграмою деформування матеріалу TECAMID 66 згідно рис. 1.4.

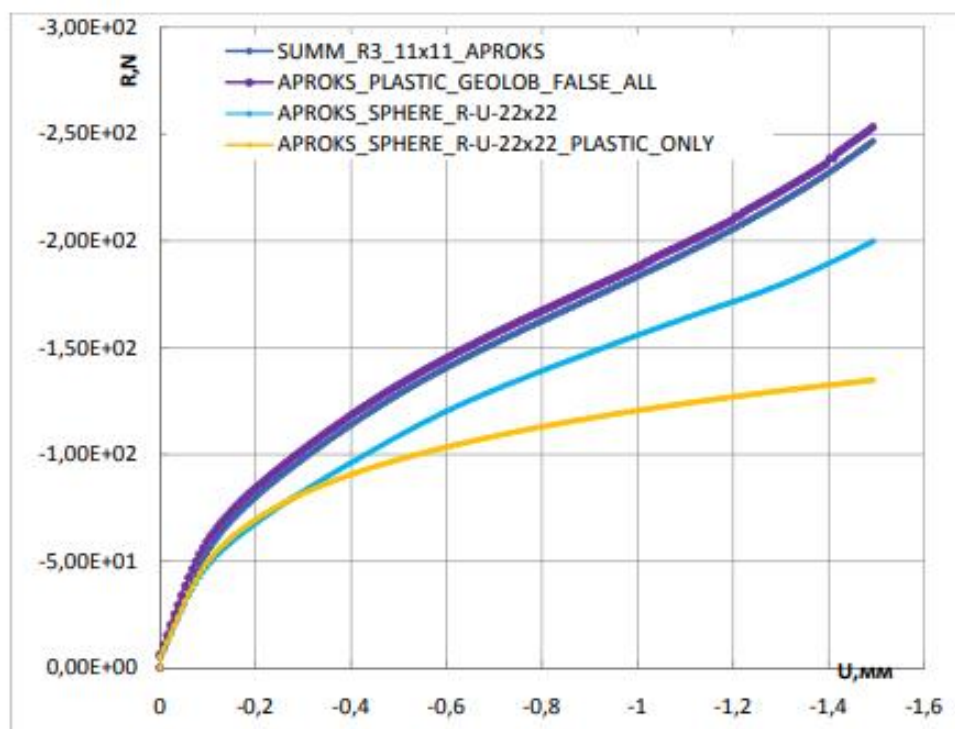


Рис. 1.5. Залежність усередненої реакції (R, N) по площині контакту від рівня зовнішнього навантаження (U, мм)

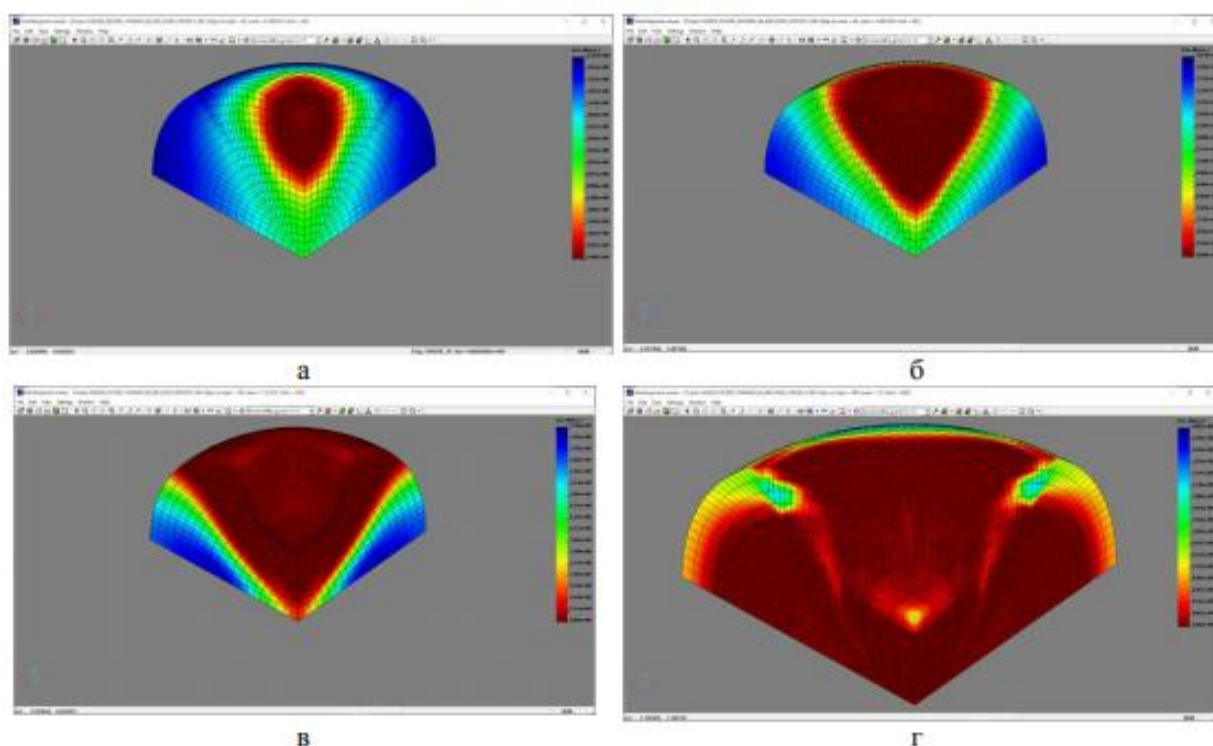


Рис. 1.6. Еволюція змін еквівалентних напружень за Мізесом у сфері в залежності від рівня навантаження (а - U = 0.1 мм; б - U = 0.2 мм; в - U = 1 мм; г - U = 1.5 мм)

На рис. 1.7 наведені дані, отримані в результаті експерименту по обтисненню сфери жорстким штампом які представленні Технічним університетом Кайзерслаутерна (Німеччина).

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Порівняння діаграми «реакція - переміщення» (Рис. 1.8) в центральній точці сфери свідчить про якісне узгодження експериментальних та чисельних досліджень.

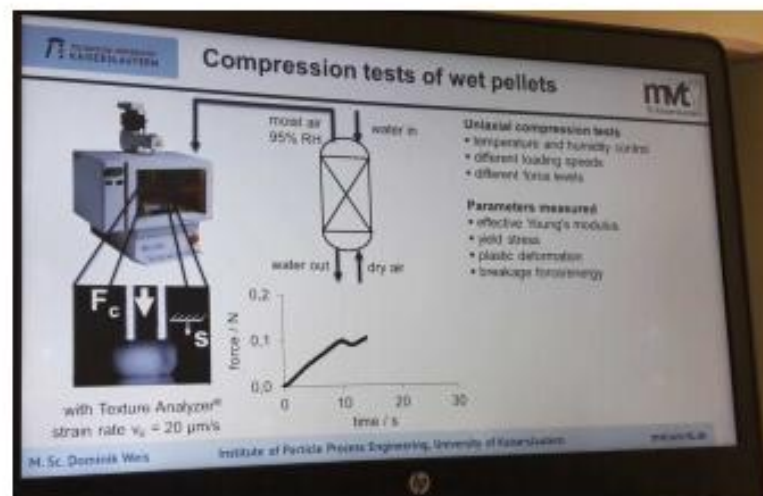


Рис. 1.7. Результати Технічного університету Кайзерслаутерна

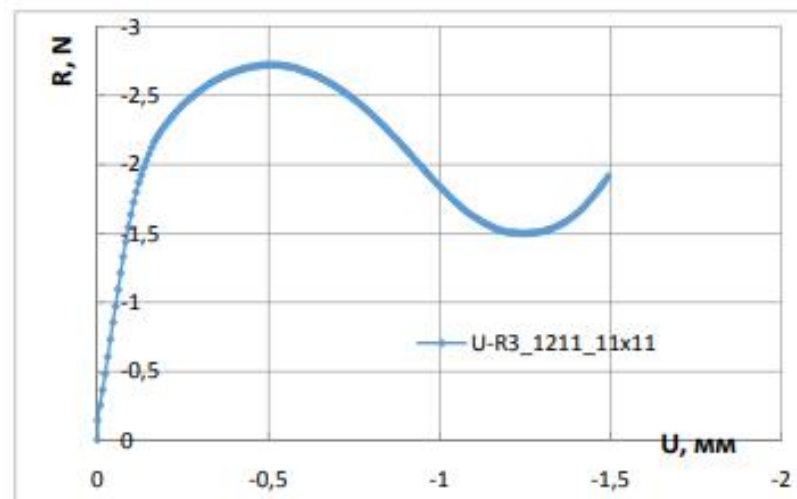


Рис. 1.8. Реакція в центральній точці контакту

Література:

1. Sakharov A.S., Gondlyakh A.V., Mel'nikov S.L., Snitko A.N. Numerical modeling of processes of failure of multilayered composite shells. Mechanics of Composite Materials. May 1989, Volume 25, Issue 3, pp 337–343. DOI: 10.1007/BF00614801 EID: 2-s2.0-0024756009. Springer, Scopus - Elsevier
2. Gondliakh A.V. Refined model of multilayer structures deformation for progressive destruction processes study. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Vol 2, No 7(56) (2012), pp. 52-57. <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/3759/3519>.
3. Gondliakh A.V. Adaptation in ABAQUS of the iterated-analytical multilayer user finite element // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. №7 (57), 2012, v. 3, pp. 62-68, <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/4065>.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

